Math. A.
23 p
4°

Bessel, F. W.

F,E

<36613073180017

<36613073180017

Bayer. Staatsbibliothek

Seinem geschätzten Freunde
Albert
der Verfasser

Untersuchungen

über

die Länge des einfachen Secundenpendels.

Untersuchungen

über

die Länge des einfachen Secundenpendels

von

F. W. BESSEL,

Ritter des rothen Adlerordens und des Dannebrogs; Professor der Astronomie und Director der Sternwarte in Königsberg; Mitgliede der Akademien von Berlin, Palermo, Petersburg und Stockholm, der Societäten der Wissenschaften von Edinburg, Göttingen, Kopenhagen und London, der astronomischen und meteorologischen Societäten von London; Correspondenten der Institute von Frankreich und der Niederlande; Ehrenmitgliede der Universität von Casan.

Mit zwei Kupfertafeln.

Besonders abgedruckt

aus den Abhandlungen der Akademie zu Berlin für 1826.

Berlin.

Gedruckt in der Druckerei der Königlichen Akademie der Wissenschaften.

1828.

In Commission bei F. Dümmler.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorbemerkung.

Die Wichtigkeit der gegenwärtigen am 5ten *Januar* 1828 *eingesandten, und am* 28sten *Februar gelesenen Abhandlung, und das Interesse welches ihre schnelle Bekanntwerdung für die in der neuesten Zeit so häufig angestellten Pendelversuche haben mufste, hat die Akademie bewogen, sie dem damals gerade im Drucke begriffenen Bande ihrer Abhandlungen für* 1826 *einzuverleiben, obgleich sie dem Datum nach in einen der späteren Bände gehörte.*

I n h a l t.

Erster Abschnitt. Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels für die Königsberger Sternwarte Seite 1

Zweiter Abschnitt. Vergleichung der Bestimmung der Pendellänge für Königsberg mit anderen, und Untersuchung verschiedener, bei den Pendelversuchen zu berücksichtigender Umstände - 58

Beilage I. . . . Bewegung eines sich von einem horizontalen Cylinder abwickelnden Pendels - 100

——— II. . . Einfluſs der Federkraft des Fadens auf seine Figur und die Schwingungszeit des Pendels - 104

——— III. . Tafel für den Werth eines Pendelschlages der Uhr *P* in mittlerer Zeit - 122

——— IV. . Einwirkung der Temperatur auf den Pendelapparat - 123

——— V. . . Certificat über die Vergleichung der Toise - 126

——— VI. . Bewegung eines Pendels in einer Flüssigkeit - 126

——— VII. . Bestimmung der einzelnen Theile der verschiedenen, bei den Versuchen angewandten Pendel, und Berechnung ihrer Zusammensetzung - 129

——— VIII. Untersuchung des Einflusses der Ungleichheiten des Fadens auf die Reduction auf das einfache Pendel - 143

——— IX. . Einfluſs der cylindrischen Figur der Schneide, worauf ein Pendel sich bewegt, auf die Schwingungszeit - 146

——— X. . . Einfluſs der Unterlage auf die Bewegung eines um eine Schneide schwingenden festen Körpers - 152

Versuche.

I.... Reihe von Versuchen mit der Kugel von Messing und dem Abwickelungs-Cylinder Seite 155

II... Reihe von Versuchen mit der Kugel von Messing und drei verschiedenen Aufhängungsarten - 213

III.. Reihe von Versuchen mit der Kugel von Elfenbein und zwei verschiedenen Aufhängungsarten - 235

Erster Abschnitt.

Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels für die Königsberger Sternwarte.

1.

Die Bestimmung welche ich hier mittheilen werde, ist auf einen Apparat gegründet, bei dessen Einrichtung ich beabsichtigte, sowohl jede über den Mittelpunkt der Bewegung des Pendels mögliche Unsicherheit, als jeden Fehler in der Messung der Länge desselben zu vermeiden. Dieses habe ich dadurch erlangt, dafs ich nicht Schwingungszeit und Länge Eines Pendels, sondern die Schwingungszeiten zweier Pendel beobachtet habe, deren Längenunterschied nicht sowohl gemessen, als vielmehr der ganzen *Toise du Pérou* gleichgemacht wurde.

Die Einrichtung ist im Wesentlichen folgende: an einer lothrechten eisernen Stange ist eine einige Linien grofse wagerechte Ebene unwandelbar befestigt, auf welche die Toise mit einem ihrer Enden, lothrecht gestellt werden kann; ferner ist eine Einrichtung vorhanden, von welcher das, aus einer Kugel an einem Faden bestehende Pendel herabhängt, und welche entweder auf der erwähnten festen Ebene, oder auf dem oberen Ende der auf dieselbe gestellten Toise ihren Ruhepunkt hat, so dafs der Anfangspunkt des Pendels, in beiden Fällen, einen Höhenunterschied erhält, welcher der Länge der Toise genau gleich ist; endlich ist am unteren Ende der eisernen Stange eine Mikrometerschraube, durch welche kleine Unterschiede in der Höhe der herabhängenden Kugel gemessen werden können. Die Bestimmung der Pendellänge wird daher dadurch erlangt, dafs man die Schwingungszeiten der an zwei verschiedenen Fäden befestigten Kugel beobachtet,

deren Länge so nahe um eine Toise verschieden ist, dafs der Höhenunterschied der Kugel an beiden Pendeln, nämlich an dem kürzeren wenn es von der festen Ebene, und an dem längeren wenn es von der oberen Fläche der Toise herabhängt, durch die Mikrometerschraube gemessen werden kann. Diese Schwingungszeiten zweier Pendel, deren Längen selbst unbekannt sind, deren Längenunterschied aber bekannt ist, sind offenbar hinreichend zur Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels.

Diese Idee der anzuwendenden Methode, und die Art wie sie, meiner Meinung nach, so ausgeführt werden konnte, dafs die Genauigkeit des Resultats nicht von dem Apparate, sondern allein von dem Fleifse welchen man auf die Beobachtungen und ihre Wiederholung verwendet, begrenzt wird, theilte ich im Anfange des Jahrs 1823 Herrn Repsold in Hamburg mit; dieser grofse Künstler hatte die Güte, auf meine Vorschläge einzugehen, und einen Apparat auszuführen, welcher in allen seinen Theilen die Vollendnng der Einrichtung und Arbeit besitzt, welche eines solchen Meisters würdig sind. Im Anfange von 1825 wurde das Instrument fertig, und ich nahm es, vor seiner Absendung nach Königsberg, in der Werkstatt des Künstlers selbst in Empfang. Zugleich erhielt ich eine Toise von Herrn Fortin in Paris, deren Bestellung Herr Arago gütigst übernommen hatte, und für deren sorgfältige Vergleichung mit dem Originale der *Toise du Pérou*, ich diesem grofsen Physiker und Astronomen, so wie Herrn Lieutenant Zahrtmann, welcher sich, in Angelegenheiten der grofsen Schumacherschen Vermessungen, in Paris befand, dankbar verpflichtet bin. Im August 1825 langte alles hier an und ich fing bald darauf die Versuche an, von welchen ich im Laufe dieser Abhandlung Rechenschaft geben werde.

2.

Zuerst werde ich den Apparat beschreiben. Die perspectivische Abbildung und der daneben befindliche Aufrifs, deren Zeichnungen ich Herrn Hafenbau-Inspektor Hagen verdanke, stellen das ganze so deutlich dar, dafs ich nicht zweifle, es vollständig erklären zu können.

Der Apparat ist an einem Gebälke von Mahagoniholz *aaaa* aufgestellt, welches im nördlichen Zimmer der Sternwarte, an der Mauer welche dieses von dem südlichen trennt, befestigt ist; es ist nämlich in dieser Mauer,

etwa 7 Zoll über dem Fufsboden, ein starkes (in der Zeichnung nicht sichtbares) Eisen befestigt, auf welchem das untere Queerholz des Gebälkes ruht; zwei andere Eisen *bb*, am oberen Ende, in der Mauer befestigt, welche vorn hakenförmig gekrümmt sind, dienen zur Befestigung des Gebälks, und durch Keile welche zwischen ihnen und dem Gebälke eingeschoben sind, wird das letztere lothrecht gerichtet. Auf diese Art ist also das Gebälk, und damit der daran aufgehängte Apparat, von dem Fufsboden getrennt. In dem oberen Queerholze dieses Gebälks ist ein Bolzen *c* befindlich, auf welchem die 10 Fufs 2 Zoll lange, 4 Zoll breite und 4 Linien dicke eiserne Stange *dd* aufgehängt ist; um sie genau lothrecht zu stellen dienen das Loth *ff* und die Schrauben *gg*, *hh*, so wie drei Paare anderer Schrauben, welche sich in den Queerhölzern des Gebälks befinden, und von der Rückseite desselben, mittelst eines Schlüssels, gedreht werden, aber in der Zeichnung nicht sichtbar sind.

An der grofsen eisernen Stange befindet sich der lothrechte stählerne Cylinder *i*, dessen beide Enden kegelförmig sind; mit dem unteren, welches abgerundet ist, ruht er auf einem an der Stange festen Ansatze; das obere Ende ist, senkrecht auf die Axe des Cylinders, abgeschnitten, und bildet eine kreisförmige, polirte Ebene von 3 Lin. Durchmesser, welche, nach einem Herrn Repsold eigenthümlichen Verfahren, ihre auf der Ebene der grofsen Stange senkrechte Stellung, mit der gröfsten Schärfe erhalten hat.

Auf diese Ebene kann die Toise *kk* gestellt werden, und wird dann durch schwache Federn *mm* aufrecht erhalten; jedoch ist eine Hülse *n* in der Mitte derselben festgeklemmt, unter welche zwei, um die Unterlagen *oo* bewegliche Hebel greifen, an deren anderen Armen so schwere Gewichte wirken, dafs sie die Toise genau tragen. Durch diese Einrichtung ist die Verkürzung der Länge aufgehoben worden, welche die Toise erfahren würde, wenn man sie aus der wagrechten Lage, in welcher sie mit ihrem Originale verglichen worden ist, brächte und auf eins ihrer Enden stellte: die obere Hälfte verkürzt sich nämlich um dieselbe Quantität um welche die untere sich verlängert.

Die Toise schwebt also frei, und erlangt eine feste Stellung auf dem Cylinder *i* nur durch das Übergewicht welches sie, bei dem Gebrauche des längeren Pendels, dadurch erhält, dafs der Apparat *p*, von welchem dieses herabhängt, auf ihrem oberen Ende ruht. Dieser Apparat, welchen ich den

Aufhängungsrahmen des Pendels nennen werde, ist auf der zweiten Kupfertafel Fig. 1. gröſser dargestellt. An der rechten Seite der groſsen eisernen Stange, in der Höhe sowohl des unteren, als des oberen Endes der Toise, sind zwei Paare von Lagern *q q* angebracht, den Lagern eines Mittagsfernrohrs ähnlich; auf diese werden Cylinder von gehärtetem Stahl, von 1 Zoll Durchmesser, gelegt, so daſs ihre Axen senkrecht auf die Ebene der groſsen Stange gerichtet sind, und mittelst einer Wasserwage und einer an dem vorderen Lager befindlichen Schraubenbewegung, genau horizontal gestellt werden. Bei den Versuchen mit dem längeren Pendel wird der Aufhängungsrahmen, mit den umgekehrten, daran befindlichen Lagern, auf den oberen Cylinder gelegt, bei den Versuchen mit dem kürzeren Pendel auf den unteren. In dem letzten Falle wird die Toise etwa einen Zoll in die Höhe geschoben, damit die horizontale Ebene des Cylinders *i* von derselben frei werde; dieses geschieht leicht und sicher, da die Toise von ihren Gegengewichten getragen wird.

Der Aufhängungsrahmen besteht, wie Fig. 1. Taf. II. deutlich macht, aus einem eisernen Rahmen, unter dessen, den Lagern entgegengesetztem Ende, ein Cylinder von Stahl befestigt ist, welcher durch Fig. 3, in seiner wahren Gröſse, besonders dargestellt wird. Dieser Cylinder hat an dem hinteren, der groſsen Stange zugewandten Ende, eine Kugel, von welcher zwei Segmente, senkrecht auf die Axe des Cylinders, abgeschnitten sind; an dem vorderen hat er einen kleineren Cylinder von 0,996 Lin. Durchmesser, welchen ich den Abwickelungs-Cylinder nennen werde; dieselbe Benennung werde ich auch dem ganzen Cylinder mit der Kugel, wovon der eigentliche Abwickelungs-Cylinder nur ein Theil ist, beilegen. An dem, an den Aufhängungsrahmen befindlichen, schräg aufwärts gehenden Stücke, wird der Pendelfaden festgeklemmt, dann über den Abwickelungs-Cylinder geführt und nun durch die Kugel des Pendels gespannt. Sobald diese Kugel angehängt ist, zieht ihr Gewicht den Aufhängungsrahmen vorn herab, so daſs die Kugel am hinteren Ende des Abwickelungs-Cylinder, bei den Versuchen mit dem langen Pendel auf die Mitte der oberen Fläche der Toise drückt und dieser die feste Stellung auf der wagrechten Ebene des Cylinders *i* giebt, wozu auch die Reibung der Hebel an ihren Ruhepunkten *o o* beiträgt; bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel drückt diese Kugel auf die wagrechte Ebene des Cylinders *i* selbst. Das Gegengewicht an dem Aufhängungs-

rahmen, welches die Zeichnung darstellt, ist so geschoben, daſs der Druck etwa 12 Unzen beträgt.

Bei den Versuchen werden die auf den Lagern *q q* liegenden Cylinder nivellirt; indem sie dadurch horizontal werden, wird auch die Axe des Abwickelungs-Cylinders entweder horizontal, oder sie macht wenigstens mit dem Horizonte stets denselben Winkel. Hieraus geht hervor, daſs der Höhenunterschied des Anfangspunkt zweier Pendel, die der Temperatur des Versuchs zugehörige Länge der Toise ist. Man bemerkt leicht, daſs die Construction des Abwickelungs-Cylinders, welcher am hinteren Ende eine Kugel hat, die Untersuchung ob die beiden Lager *q q* genau eine Toise voneinander entfernt sind, unnöthig macht; doch hat Herr Repsold dafür gesorgt, daſs die Axe um welche der Aufhängungsrahmen sich dreht und die Axe des Abwickelungs-Cylinders, bei dem Gebrauche beider Pendel, sich in einer Horizontalebene befinden, wodurch auch die strenge Richtigkeit des Paralellismus beider Axen unnöthig wird. Ich erwähne dieses, nicht weil ich glaubte, daſs die Construction hier weniger vollkommen wäre als in ihren übrigen Theilen, sondern nur um dadurch bemerklich zu machen, daſs die Anbringung eines besonderen Prüfungsmittels für den Paralellismus beider Axen überflüssig gewesen sein würde.

Die auf diese Art aufgehängten Pendel beschreiben keine Kreise, sondern die Curve deren Evolute der Kreis ist.

Um den Höhenunterschied der Kugel in beiden zusammengehörigen Versuchen zu messen, ist an dem unteren Ende der groſsen eisernen Stange die Vorrichtung *r* befindlich. Sie besteht aus einem Hohl-Cylinder von Glockenmetall, am Eisen der Stange befestigt, in welchem sich ein Cylinder von Stahl, von 7 Linien Durchmesser, auf und abwärts schieben, und auch um seine Axe drehen läſst; von diesem Cylinder ist ein kleines Stück am oberen Ende in der Zeichnung sichtbar. Unter das untere Ende dieses Cylinders wirkt die Schraube *s*, so daſs er, durch Drehung derselben, erhöhet und erniedrigt, und die Quantität dieser Veränderungen durch die Revolutionen dieser Schraube gemessen werden kann. Das obere Ende des Cylinders wird indessen nicht unmittelbar mit der Kugel in Berührung gebracht, sondern es ist darauf ein sechzig Mahl vergröſsernder doppelter Fühlhebel *t* befestigt, dessen kürzerer Arm eine horizontale polirte Stahlebene trägt. Die Schraube *s* wird so weit gedreht, bis die die Kugel berührende Stahl-

ebene am kurzen Arme des Fühlhebels, den längeren bis zu einem Zeichen an seinem Gehäuse erhebt; hierdurch kann man die Höhenunterschiede der Kugel genauer beobachten, als ohne Fühlhebel möglich sein würde.

Da es wesentlich ist, zufällige Veränderungen der Temperatur von dem Apparate zu entfernen, so ist derselbe in ein Gehäuse mit Spiegelplatten eingeschlossen, und man dreht die Schraube *s* nicht unmittelbar, sondern bei verschlossenen Fenstern, mittelst der Handhabe *u*, welche durch ein Stirnrad auf die Schraube wirkt. Auch wird das Pendel bei verschlossenem Gehäuse sowohl in Bewegung gesetzt als angehalten; dieses geschieht durch die Zange *v*, welche sich vor und rückwärts schieben läſst, und durch welche man also das Pendel beliebig weit von der Lothlinie entfernen kann, ehe man es seiner Bewegung überläſst. In *w* ist eine Scale, welche die Schwingungsweiten miſst. In das Eisen der groſsen Stange eingelassen sind die Kugeln der Thermometer e', e'', e'''; zwei andere Thermometer l' und l''' hängen frei im Gehäuse und zeigen die Temperatur der Luft; das erstere, dessen Kugel sich in der Höhe der Pendelkugel befindet, bleibt immer an seinem Orte, das letztere hat seine Kugel stets in der Höhe des Aufhängepunkts der Pendel und befindet sich also an dem in der Zeichnung angegebenen Orte wenn mit dem langen Pendel experimentirt wird; wird aber das kurze Pendel angewandt, so wird das Thermometer so tief gehängt als dann erforderlich ist. In dieser Lage bezeichne ich dasselbe Thermometer durch l''.

Endlich erwähne ich noch, daſs sowohl das Gebälk von Mahagoniholz, als auch die groſse eiserne Stange, so eingerichtet sind, daſs sie, des leichtern Transports wegen, in der Mitte auseinandergenommen werden können. Dazu dienen, für das Gebälk, die in der Zeichnung sichtbaren Schrauben *xxxx*; die Zusammensetzungsart der Stange, welche eben so sicher als kunstreich ist, konnte in der Zeichnung nicht angegeben werden.

3.

In dieser Beschreibung habe ich, um die Übersicht des ganzen Apparats nicht zu erschweren, die Anführung aller Einzelnheiten vermieden, werde aber, so wie ihre Kenntniſs nothwendig wird, darauf zurückkommen. Auch habe ich bei keinem der Theile der Vollendung erwähnt, welche alle

besitzen. Dieses ist bei einer Arbeit von Repsold unnöthig, allein ich kann dennoch nicht verschweigen, dafs die genaue Untersuchung des Apparats, sowohl meinem hochgeehrten Freunde Schumacher, als mir selbst, die Bewunderung abgenöthigt hat, welche wahrer Vollendung gebührt.

Ich kann indessen nicht unterlassen, von der Mikrometer-Vorrichtung am unteren Ende des Apparats noch einiges zu sagen, indem die mehr oder weniger gute Ausführung dieses Theils, unmittelbaren Einflufs auf die Messungen der Höhenunterschiede hat. Der Cylinder nämlich, welcher sich in der Hülse von Glockenmetall bewegt, füllt den Raum dieser letzten so genau aus, dafs, wenn man diese Hülse unten luftdicht verschliefst, vorher aber den Cylinder etwas in die Höhe hebt, derselbe auf der in der Hülse befindlichen Luft ruht, dennoch aber Spielraum genug hat, um eine Axendrehung welche man ihm giebt (nachdem der Fühlhebel, welcher der Drehung im Wege sein würde, abgeschraubt worden ist) mehrere Minuten lang fortzusetzen. Dabei sind der Cylinder und seine Hülse vollkommen trocken, ohne Öl, so dafs die Bewegung des ersteren, bei den Messungen der Pendel, auch nicht durch die Klebrigkeit des Öls gestört werden kann, und er in der That der kleinsten Drehung der Schraube welche ihn trägt, nachgiebt. Durch diese fast völlige Gleichheit der Durchmesser des Cylinders und seiner Hülse, erhält man die Versicherung, dafs der erstere, bei der Erhöhung und Erniedrigung sich parallel bleibt; dieses wird bestätigt wenn man auf das Gehäuse des Fühlhebels eine Wasserwage setzt, welche ihren Stand nicht verändert, wenn man den Cylinder erhöhet oder erniedrigt. Die dagegen stattfindende Beschränkung des Gebrauchs des Apparats auf Temperaturen, welche nicht niedriger sind als einige Grade unter dem Gefrierpunkte, ist unbedeutend; die gröfsere Zusammenziehung des Glockenmetalls durch die Kälte vernichtet nämlich den kleinen Zwischenraum dann ganz, und der Cylinder verliert seine Beweglichkeit.

Ein anderer Punkt von unmittelbarem Einflusse auf die Resultate ist die Unbeweglichkeit des Aufhängungsrahmens während der Schwingungen. Um diese zu prüfen, habe ich das kleine, von Herrn Hardy erfundene Instrument, welches auch Herr Kater zu demselben Zwecke angewandt hat, nachdem es vorher den Pendelschwingungen gleichzeitig gemacht war, sowohl bei dem langen, als bei dem kurzen Pendel, auf den Aufhängungsrahmen gestellt, aber keine Bewegung bemerkt. Um aber eine noch directere

Prüfung der Richtigkeit der Versuche, in dieser Hinsicht zu erhalten, habe ich den Rahmen, nahe an dem Punkte von welchem das Pendel herabhängt, durch mehrere stark angespannte Fäden, auf das stärkste befestigt und das Pendel schwingen lassen, dann diese Befestigung weggenommen und die Schwingungen des Pendels fortgesetzt; beide Reihen von Versuchen haben aber, weder bei dem langen, noch bei dem kurzen Pendel, einen Unterschied gezeigt. Übrigens wäre bei einem Apparate von meiner Einrichtung, die absolute Unbeweglichkeit des Aufhängepunkts vielleicht weniger wesentlich, als bei einem anderen, indem der Einflufs einer kleinen Bewegung auf die Längen beider Pendel wahrscheinlich gleich sein, und dann aus dem Unterschiede, worauf es allein ankömmt, verschwinden würde.

4.

Ich werde jetzt das Pendel selbst näher beschreiben. Der Stahlfaden, welcher die Kugel trägt, ist nicht selbst in Berührung mit dem Abwickelungs-Cylinder, sondern es ist an dem Aufhängungsrahmen ein 1,4 Lin. breites, etwa 0,008 Lin. dickes Messingblättchen festgemacht (*), welches über den Abwickelungs-Cylinder gelegt ist und einige Linien unter demselben eine Klemme von Messing trägt, welche 20,77 Gran des Preufsischen Pfundes wiegt. Der Pendelfaden ist, an beiden Enden, in kleine Schraubenklemmen befestigt, welche dem Gewichte nach vollkommen gleich sind, jede 19,72 Gran schwer. Von diesen Klemmen wird eine in die mit einer Schraubenmutter versehene Klemme am Messingblättchen, die andere in eine gleiche in die Kugel eingebohrte Schraubenmutter eingeschraubt, durch welche Einrichtung man auch in den Stand gesetzt wird, den Faden leicht umzukehren. Endlich ist ein 2 Lin. hoher und 1,25 Lin. Durchmesser habender, in der Axe durchbohrter Cylinder von Messing, der für das lange Pendel 3,81 Gran, und für das kurze 3,69 Gran wiegt, auf den Faden geschoben; dieser ist erforderlich um die Beobachtung der Schwingungszeiten genau zu machen, wie aus der unten vorkommenden Beschreibung der Beobachtungsart hervorgehen wird; ich werde ihn den Coincidenz-Cylinder nennen. Die

(*) Ein Quadratzoll desselben wiegt 1,801 Gran, also eine Linie der Länge eines Streifens von 1,4 Lin. Breite 0,01759 Gran.

2te Fig. Taf. II. zeigt alles dieses in wahrer Gröſse; die erste macht die Befestigung des Messingblättchens anschaulich.

Wenn das Messingblättchen vollkommen biegsam wäre, so würde der Mittelpunkt der Kugel einen Bogen der Curve beschreiben, deren Evolute der Durchschnittskreis des Abwickelungs-Cylinders (Durchmesser = 0,ᴸ996) ist. Es läſst sich leicht zeigen (Beilage I.), daſs die Zeit einer ganzen Schwingung in dieser Curve, von derjenigen Zeit nicht merklich verschieden ist, in welcher ein einfaches Pendel eine Schwingung machen würde, dessen Länge der Länge des sich abwickelnden Pendels im Zustande der Ruhe, oder der mittleren Länge desselben gleich ist. Wenn man aber die Federkraft des Fadens nicht auſser Acht läſst, so wird klar, daſs derselbe zwischen dem Abwickelungs-Cylinder und der Kugel keine gerade Linie, sondern in der Nähe des ersteren gekrümmt ist, welche Krümmung aber mit der wachsenden Entfernung vom Abwickelungs-Cylinder geringer, und sehr bald unmerklich wird. Man kann nicht daran zweifeln, daſs diese Federkraft einen Einfluſs auf die Schwingungszeit des Pendels haben müsse, allein da die Krümmung nur ganz nahe am Abwickelungs-Cylinder merklich ist, so ist zu erwarten, daſs sie nur den Mittelpunkt der Bewegung ändert, entweder um eine beständige, oder mit dem Schwingungswinkel veränderliche, nicht aber von der Länge des Pendels abhängige Quantität.

Da aber die gegenwärtige Methode nicht auf die Länge eines Pendels, sondern auf den Längenunterschied zweier Pendel gegründet ist, und daher alles was beide gleichmäſsig ändert, keinen Einfluſs auf das Resultat hat, so wird auch die Federkraft des Fadens unschädlich, falls man die Überzeugung erlangen kann, daſs sie für beide Pendelfäden, oder vielmehr für die Theile derselben, welche sich in der Nähe des Abwickelungs-Cylinders und in Berührung mit demselben befinden, genau gleich ist, und falls man beide Pendel in gleichen Schwingungswinkeln beobachtet. Die erste dieser Bedingungen ist durch die Einrichtung des oberen Theils der Pendel, welcher für beide derselbe bleibt und daher die Gleichheit der Federkraft vollkommen verbürgt, erfüllt worden; die andere ist dadurch erfüllt, daſs die Versuche mit beiden Pendeln bei gleichen Winkeln gemacht sind.

Die Veränderung der Bewegung, welche aus der Federkraft entsteht, habe ich (Beilage II.) durch Rechnung verfolgt, vorzüglich um kennen zu lernen, welchen Einfluſs die Schwingungswinkel darauf haben; denn wenn

ein solcher Einflufs merklich ist, und man darauf ausgeht, alle bei einem Versuche beobachteten Coincidenzen des Pendels und der Uhr, durch eine und dieselbe Formel möglichst nahe darzustellen, wie es geschehen mufs wenn man den gröfsten Vortheil aus den Beobachtungen ziehen will, so wird auch der Einflufs der Federkraft in der Reductionsformel auf unendlich kleine Winkel nicht fehlen dürfen. Ich habe gefunden, dafs, wenn die Tiefe der als ein Punkt betrachteten Kugel unter der Axe des Abwickelungs-Cylinders, im Zustande der Ruhe, durch ϱ bezeichnet wird, das Pendel in derselben Zeit schwingt, in welcher ein einfaches schwingen würde, dessen Länge

$$= \varrho + 11 \left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\mu}{4aa}\right)}\right) \sqrt{\mu} \,.\, \mathrm{Sin}\, \frac{1}{2} u'^2$$

ist. In dieser Formel bedeutet μ die elastische Kraft des Fadens, die Kraft welche den Faden spannt als Einheit angenommen, a den Halbmesser des Abwickelungs-Cylinders und u' den Schwingungswinkel. Sie setzt einen wenig steifen Faden voraus, so dafs derselbe auf einem Bogen des Abwickelungs-Cylinders ganz aufliegt; wird er steifer angenommen, so dafs er den Cylinder nur in einem Punkte berührt, so wird diese Formel

$$= \varrho + \frac{a}{2} \mathrm{Sin}\, \frac{\omega'}{2} - \frac{\sqrt{\mu}}{2} \mathrm{Cos}\, \frac{\omega'}{4}$$
$$+ \left\{\frac{3}{16} a \,\mathrm{Sin} \frac{\omega'}{2} + \sqrt{\mu} \left(11 - \frac{735}{64} \mathrm{Cos} \frac{\omega'}{4}\right)\right\} \mathrm{Sin}\, \frac{1}{2} u'^2$$

wo ω' den Winkel bezeichnet, welchen der Theil des Fadens über dem Abwickelungs-Cylinder, mit der Lothlinie macht; bei meinem Apparate ist ω' etwa $= 19°$. Es ist noch ein dritter Fall möglich, nämlich wo die beiden vorigen, während der Schwingung, ineinander übergehen; ich habe aber die Rechnung nicht auf ihn ausgedehnt.

Das Messingblättchen welches ich angewandt habe, hat so wenig Federkraft, dafs bei meinen Versuchen der erste Fall statt findet, und sogar eine Krümmung desselben, da wo es den Abwickelungs-Cylinder verläfst, nicht auffallend ist. Es war meine Absicht, aus der Vergleichung der bei gröfseren und kleineren Schwingungswinkeln beobachteten Coincidenzen, μ abzuleiten, und es dann bei der Reduction zu berücksichtigen, so wie auch die aus der Dehnbarkeit des Fadens hervorgehende, von den Herren Paoli und Poisson untersuchte, gleichfalls dem Quadrate des Schwin-

gungswinkels proportionale Änderung. Allein theils stimmen meine Beobachtungen, ohne Berücksichtigung dieser Verbesserungen, so nahe mit der gewöhnlichen Reductionsformel überein, daſs das etwa daran fehlende sich fast ganz unter den zufälligen Fehlern versteckt hat, und daher die Übereinstimmung der einzelnen Coincidenzen einer Beobachtungsreihe, durch seine Berücksichtigung nicht merklich vermehrt wird; theils hat sich später gefunden, daſs auch die Luft in welcher das Pendel sich bewegt, auf die Reductionsformel einen Einfluſs haben kann, so daſs beide Ursachen vermischt erscheinen und daher der Einfluſs, welchen die Beobachtungen etwa verrathen mögten, nicht einer allein zugeschrieben werden darf. Die nahe Übereinstimmung der Beobachtungen mit der, alles dieses nicht berücksichtigenden Reductionsformel, zeigt übrigens, daſs die Gleichheit der Schwingungswinkel beider Pendel, nicht gar zu ängstlich gefordert werden darf.

Trotz dem Resultate der Rechnung in der II^ten Beilage, darf diese Aufhängungsart des Pendels, in einem Falle nicht angewandt werden, wo es auf die absolute Länge desselben ankömmt. Denn theils berücksichtigt die Rechnung die Dicke des Fadens nicht, theils mögte es schwer sein, die Überzeugung zu erlangen, daſs nicht zwischen dem Cylinder und dem Faden (Messingblättchen) eine kleine Anziehung stattfindet. Allein auf den Unterschied zweier Pendellängen hat alles dieses keinen Einfluſs, und daher wählte ich diese Aufhängungsart als die einfachste. Später wurde eine Änderung am Aufhängungsrahmen angebracht, so daſs auch mit anderen Aufhängungsarten Versuche gemacht werden konnten; hierauf werde ich unten zurückkommen.

5.

Die Beobachtungsart der Schwingungszeit eines Pendels durch Coincidenzen, welche, so viel ich weiſs, Borda erfunden hat, ist jeder anderen so weit vorzuziehen, daſs es sich von selbst versteht, daſs ich sie angewandt habe; doch werde ich die Art wie dieses geschehen ist auseinandersetzen müssen.

Es war dabei die Absicht, jeden gegenseitigen Einfluſs der Bewegungen des Pendels der Uhr und des Pendels am Apparate, zu vermeiden, wie dieses auch schon Herr Carlini gethan hat. Dieses erlangte ich dadurch, daſs ich die Uhr nicht nahe vor oder hinter dem Apparate aufstellte, sondern in einer Entfernung von 8 Fuſs 6,65 Zoll vor dem schwingenden Pendel;

zwischen beide wurde ein Kometensucher von Fraunhofer von 24, 36 Zoll Brennweite, aus welchem die Oculare herausgenommen waren, gestellt; das Objectiv desselben war 39, 77 Zoll vom Pendel am Apparate und 62, 88 Zoll von dem der Uhr entfernt, so daſs das Bild des ersteren genau auf das Uhrpendel fiel, und beide durch ein etwa 15 Fuſs entferntes, 30zölliges Fernrohr von Fraunhofer, völlig deutlich erschienen.

An der Scale des Pendelapparats (*w*) ist ein schwarzer Streifen, in horizontaler Richtung befestigt, in dessen Mitte eine 0, 5 Lin. breite Stelle weiſs gelassen ist, diese wird, wenn das Pendel in Ruhe ist, von dem Faden desselben genau bissectirt, und, wenn dem im vorigen Art. erwähnten Coincidenz-Cylinder die gehörige Stelle auf dem Faden gegeben wird, von diesem völlig verdeckt. An dem untersten Ende des Uhrpendels dagegen befindet sich ein geschwärztes Stück Papier, in welches ein etwa 0, 3 Lin. breites Loch eingeschnitten ist, welches, wenn das Uhrpendel in Ruhe ist, mit dem Bilde der weiſsen Stelle auf dem schwarzen Streifen, genau zusammenfällt. Es geht hieraus hervor, daſs, im Zustande der Ruhe beider Pendel, durch das Fernrohr gesehen, der Coincidenz-Cylinder, durch das Loch am Uhrpendel sichtbar wird, daſs er aber die weiſs gelassene Stelle auf dem schwarzen Streifen verdeckt, so daſs diese nicht gesehen wird, und alles schwarz erscheint, da auch der Coincidenz-Cylinder geschwärzt ist. Im Zustande der Bewegung beider Pendel aber, wird die weiſs gelassene Stelle bei jedem Schlage der Uhr sichtbar, auſser wenn beide Pendel in demselben Momente vorübergehen und daher der Coincidenz-Cylinder sie verdeckt. Die Breiten der weiſsen Stelle am Apparate und des Lochs am Uhrpendel, sind so gewählt, daſs auch am Anfange der Versuche, wenn die Geschwindigkeit am gröſsten ist, die erstere ganz unsichtbar wird; es sind daher immer die Zeiten der Verschwindung und Wiedererscheinung des Weiſsen beobachtet, die eine bei der Bewegung des Pendels von der Rechten zur Linken, die andere bei der entgegengesetzten; das Mittel aus beiden, welches das bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel angegebene Moment ist, fällt daher nie auf eine ganze, sondern immer auf eine halbe Secunde der Uhr. Die Deutlichkeit womit das, durch das Objectivglas des Kometensuchers gemachte Bild und das Pendel der Uhr, durch das Fernrohr gesehen werden, erlaubt, die Coincidenzen auch bei kleinen Schwingungen etwa eben so genau zu beobachten, wie bei gröſseren.

Die Schwingungszeit des langen Pendels könnte auf dieselbe Art beobachtet werden wie die des kurzen, wenn man eine Uhr besäfse, deren Schläge nahe dieselbe Dauer hätten; allein das Pendel derselben, auf gewöhnliche Art eingerichtet, müfste etwa 10 Fufs lang sein, was Unbequemlichkeiten und Schwierigkeiten herbeiführen würde. Ich versuchte daher, die Uhr mit einem Pendel von einer neuen Construction zu versehen, welches nicht länger ist als ein gewöhnliches Uhrpendel: es ist dasselbe aus einer Eisenstange und einer Messingstange zusammengesetzt, deren erstere sich über dem Aufhängepunkte, die andere darunter, befindet; beiden sind solche Dimensionen und Massen gegeben, dafs das Pendel nicht nur in der erforderlichen Zeit (1″, 72) schwingt, sondern auch die Einwirkungen der Wärme und Kälte compensirt. Allein ich war gezwungen, diesen Versuch aufzugeben, indem der Gang der Uhr zu unregelmäfsig wurde, was ich, wenigstens zum Theil, den Änderungen der Wärmeverschiedenheit oben und unten am Pendel, gegen welche diese Constructionsart sehr empfindlich ist, zuschreibe. Indessen ist dieses oder ein ähnliches Hülfsmittel nicht eigentlich nothwendig, denn die Bestimmtheit und Deutlichkeit womit die Coincidenzen, bei der beschriebenen Beobachtungsart sich zeigen, ist hinreichend zur Beobachtung nicht allein derjenigen, welche, im Falle der nahen Gleichheit der Schwingungszeiten, durch almählige Annäherung der Durchgangszeiten beider Pendel durch die Lothlinie entstehen, sondern auch derjenigen, welche sich, im Falle beide Pendel ganz verschiedene Bewegungen haben, zutragen ohne vorher erwartet zu sein. Auf diese Art wurden die Coincidenzen beider Pendel an einer und derselben Uhr beobachtet.

Man bemerkt indessen leicht einen wesentlichen Unterschied zwischen beiden Methoden: bei der ersteren beobachtet man beide Grenzen der Verdeckung des Weifsen und setzt die wahre Coincidenz in die Mitte derselben; bei der anderen nimmt man jeden, innerhalb dieser Grenzen gelegenen Punkt für die Mitte an. Es ist daher klar, dafs die erste Beobachtungsart jede einzelne Coincidenz genauer giebt als die zweite; allein, wenn man bei der letzteren mehre aufeinanderfolgende Coincidenzen beobachtet, und aus allen das Mittel nimmt, so ist im Allgemeinen zu erwarten, dafs ein Theil davon vor dem wahren Coincidenzmomente ist, der andere Theil nach demselben; es wird dabei vortheilhaft sein wenn man vermeidet, dafs das Verhältnifs der Schwingungszeiten beider Pendel sich durch kleine Zahlen,

mit grofser Annäherung ausdrücken läfst. Findet aber dieses statt, so würde man die Beobachtungen auf eine ganz ähnliche Weise machen können, wie in dem Falle wo die Schwingungszeiten beider Pendel nahe gleich sind; man hat nur die Periode in welcher die Gleichheit der Schläge wieder eintritt, statt der einzelnen Schläge in jenem Falle, zu nehmen.

Bei dem langen Pendel, welches in etwa 1″, 725 Uhrzeit eine Schwingung macht, habe ich die Regel befolgt, zuerst alle innerhalb 5 oder 6 Minuten vorfallenden Coincidenzen zu beobachten; dann etwa 14′ 22″ nach der ersten (in welcher Zeit das Pendel 500 Schwingungen vollendet), eine zweite Reihe, gleichfalls 5 oder 6 Minuten lang zu observiren, und so fort bis das Pendel über 4000 Schwingungen gemacht hatte. Es ist dabei eben so wenig nöthig, wie bei der ersten Methode, die Schwingungen zu zählen; denn die kleineren Zwischenzeiten in welchen Coincidenzen erfolgen, reichen hin, ihre Dauer mit so grofser Annäherung zu geben, dafs über die Anzahl der entfernteren nie ein Zweifel bleiben kann. — Man findet sowohl jedes einzelne Moment, als die daraus abgeleiteten Mittel, in den dieser Abhandlung beigelegten Original-Beobachtungen angegeben, und zugleich findet man daselbst diejenigen Fehler dieser Mittel, welche man annehmen mufs, damit die Summe ihrer Quadrate ein Minimum werde. Da die ähnliche Fehlerangabe auch bei den mit dem kurzen Pendel, also nach der ersten Methode, gemachten Versuchen vorkömmt, so ist es leicht, die Genauigkeit beider Methoden miteinander zu vergleichen. Ich habe dazu die erste Reihe von Beobachtungen benutzt, welche 32 Versuche mit dem langen Pendel, jeder von 9 Momenten, und 16 Versuche mit dem kurzen Pendel, jeder von 11 Momenten, enthält. Die Summen der Quadrate der Fehler, diese in Zehntausendtheilen der Secunden der Uhr ausgedrückt, finden sich für beide

$$= 416779 \text{ und } 60676;$$

man erhält den mittleren Fehler eines der angegebenen Momente, wenn man diese Summen resp. mit 7, 32 und 9, 16 dividirt und aus den Quotienten die Quadratwurzel auszieht

$$= 0'', 00431 \text{ und } 0'', 00205$$

oder in Theilen einer Schwingung der beiden Pendel ausgedrückt

$$= 0, 00250 \text{ und } 0, 00205.$$

Hieraus geht hervor, daſs die Beobachtungen des kurzen Pendels genauer sind als die des langen; allein auch, daſs die Fehler dieser letzteren noch so klein sind, daſs die mit demselben gemachten Versuche sehr genaue Resultate verheiſsen.

6.

Die Uhr auf welche die Beobachtungen der Pendelschwingungen sich beziehen, ist die von Herrn Repsold verfertigte Hauptuhr der Sternwarte, deren vortrefflicher Gang sich schon viele Jahre hindurch bewährt hat, wie die Tagebücher der Sternwarte zeigen. Jedoch würde es unpassend gewesen sein, sie ihrer Bestimmung zu den Beobachtungen der Culminationen der Gestirne zu entziehen und sie vor dem Pendelapparate aufzustellen. Daher wurde diese Uhr nicht unmittelbar, sondern mittelbar angewandt, indem die vor dem Pendelapparate aufgestellte, fortwährend mit ihr verglichen wurde.

Der Verfertiger der Uhr, an welcher die Coincidenzen unmittelbar beobachtet wurden, ist mir unbekannt; sie ist ein Eigenthunm des Herrn Repsold, welcher die Güte hatte, sie mir zu diesen Versuchen zu leihen. Sie ist an einem pyramidalischen Gestelle von Holz, mit hinreichender Festigkeit aufgestellt; sie ist mit dem Fuſsboden in keiner Verbindung, indem die Füſse ihres Gestells auf Pfählen ruhen, welche durch denselben hindurch in das Erdreich eingetrieben sind. Das Pendel dieser Uhr habe ich so geschraubt, daſs sie in etwa einer Stunde eine Secunde hinter der Sternzeit zurückbleibt, wodurch also in ohngefähr so langen Zwischenzeiten, die Schläge derselben mit denen der Hauptuhr zusammentreffen. Da die Uhr so gestellt ist, daſs man sie, wenn man die Thür zwischen dem nördlichen und dem Meridianzimmer der Sternwarte öffnet, zugleich mit der Repsoldschen Uhr hören kann, so erlangt man durch die Coincidenzen der Schläge beider Uhren, eine genaue Vergleichung derselben, welche selten bis auf 0″, 02 zweifelhaft bleibt. Auf diese Weise wurde die Uhr vor dem Pendelapparate, welche ich, in der Angabe der Beobachtungen, stets durch P bezeichnen werde, einige Stunden vor und nach den Versuchen, mit der Repsoldschen Uhr (R) verglichen, und daraus die Zwischenzeit der Coincidenzen, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet; diese Zwischenzeit, verbunden mit dem aus den astronomischen Beobach-

tungen gefolgerten Gange der Uhr R, ergab den Werth eines Pendelschlages von P, in mittlerer Zeit ausgedrückt.

Da indessen Stand und Gang einer Uhr unbekannte Functionen der Zeit sind, und die Anwendung von Beobachtungen zur Bestimmung unbekannter Gröſsen nur dann von jeder Willkür frei ist, wenn die mathematische Form der beobachteten Quantitäten gegeben ist, so wird es nothwendig, daſs ich die Art näher angebe, wie ich aus den Vergleichungen der Uhren unter einander und mit den astronomischen Beobachtungen, den Werth eines Pendelschlages von P abgeleitet habe.

Wenn man die Zeit der Uhr R, welche zu einer der Coincidenzen mit der Uhr P gehört, durch t bezeichnet, die Zeiten der a^{ten}, b^{ten}, ... vor oder nach ihr durch $t^{(a)}$, $t^{(b)}$, ..., und wenn man den Unterschied der von beiden Uhren angegebenen Zeit nicht als gleichförmig sich verändernd annimmt, sondern von der Reihe

$$A + B\,(t^{(n)} - t) + C\,(t^{(n)} - t)^2 + \dots\dots$$

welche ihn allgemein ausdrückt, das in die 3te Potenz der Zeit multiplicirte Glied und die höheren vernachläſsigt, so erhält die Zeit einer der beobachteten Coincidenzen den Ausdruck

$$t^{(n)} = i + kn + l\,.\,nn$$

und die Beobachtung derselben giebt die Gleichung:

$$o = -\,t^{(n)} + i + kn + l\,.\,nn.$$

Löset man alle durch die Beobachtungen gegebenen Gleichungen dieser Art nach der Methode der kleinsten Quadrate auf, so daſs man l unbestimmt läſst, so findet man

$$k + l\left\{\frac{m\,(n^3) - (n)(nn)}{m\,(nn) - (n)^2}\right\} = \frac{m\,(nt) - (n)(t)}{m\,(nn) - (n)^2}$$

wo (n), (nn), (n^3).... die Summen

$$\begin{aligned}(n) &= a + b + c + \dots\\ (nn) &= aa + bb + cc + \dots\\ (nt) &= a t^{(a)} + b t^{(b)} + c t^{(c)} + \dots\end{aligned}$$

u. s. w.

bezeichnen, m aber die Anzahl der Beobachtungen ist. Man hat aber die Zwischenzeit zweier Coincidenzen, deren Mitte auf die Zeit $t + k\tau$ fällt,

$$= k + 2l\tau.$$

woraus hervorgeht, daſs

$$\tau = \frac{1}{2}\left\{\frac{m\,(n)^3 - (n)(nn)}{m\,(nn) - (n)^2}\right\}$$

angenommen werden muſs, damit l unbestimmt bleibe. Hat man daher aus den durch die Beobachtungen gegebenen Gleichungen k abgeleitet, ohne l, oder die Ungleichförmigkeit des Ganges zu berücksichtigen, so gilt diese Bestimmung der Zwischenzeit zweier Coincidenzen für die Zeit,

$$t + \frac{k}{2}\left\{\frac{m\,(n^3) - (n)(nn)}{m\,(nn) - (n)^2}\right\}$$

Auf diese Art habe ich nicht nur den Werth von k welcher aus den gemachten Vergleichungen der Uhren folgt, sondern auch die Zeit für welche er gültig ist, berechnet, und in den Original-Beobachtungen angeführt. Fällt diese Zeit mit der Mitte des Versuchs bis auf wenige Minuten zusammen, wie es meistens der Fall ist, indem die Beobachtungen danach eingerichtet wurden, so habe ich sie ungeändert zur Bestimmung des relativen Ganges beider Uhren angewandt; ist sie aber stärker verschieden, so habe ich eine zweite Bestimmung von k, für eine andere Zeit zu erhalten gesucht, und aus beiden, unter Annahme einer der Zeit proportionalen Änderung, den Werth von k für die Mitte des Versuchs gefolgert.

Den täglichen Gang der Uhr R gegen Sternenzeit habe ich, durch die, gleichfalls bei den Original-Beobachtungen angeführten, aus den Tagebüchern der Sternwarte ausgezogenen Correctionen derselben, abgeleitet, und dabei den aus zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen hervorgehenden Werth desselben, für die Mitte der Zeit gültig angenommen; die verschiedenen Bestimmungen dieser Art sind, ebenfalls unter der Annahme der Zeit proportionaler Änderungen, auf die Mitten der einzelnen Versuche reducirt.

Bezeichnet man die so bestimmte tägliche Änderung der Correction der Uhr R durch s, so erhält man den in mittlerer Zeit ausgedrückten Werth eines Pendelschlages von P, aus der Formel:

$$\frac{365,2422577}{366,2422577} \cdot \frac{86400}{86400 - s} \cdot \frac{k}{k-1}$$

$$= \{0,997269567 + s \,.\, 0,000011543\} \frac{k}{k-1}$$

Die Beilage III. enthält eine, nach dieser Formel berechnete Tafel.

7.

Die Temperatur des Pendelapparats wird durch drei Thermometer e', e'', e''' bestimmt, deren Kugeln folgende Höhen über dem Boden des Gehäuses haben:

$$e' = 196 \text{ Lin.}; \quad e'' = 584 \text{ Lin.}; \quad e''' = 1292 \text{ Lin.}$$

Die Kugeln dieser Thermometer sind in das Eisen der grofsen Stange eingelassen und mit Deckeln von demselben Metalle verdeckt, so dafs angenommen werden kann, dafs sie die wahre Temperatur derselben, und auch der Toise, welche mit der Stange eine gleiche Dicke hat, zeigen. Sie sind von Herrn Fortin in Paris verfertigt und mir von Herrn Professor Schumacher gütigst überlassen. Sie haben die hunderttheilige Scale, wurden aber wiederholt von dem Apparate abgenommen und mit zwei Thermometern verglichen, welche ich, nach der in der VIIten Abtheilung meiner Beobachtungen gegebenen Methode berichtigt hatte. Hieraus ging die Verbesserungstafel für die unmittelbaren Angaben dieser Thermometer hervor, welche ich in der IVten Beilage mittheile. Die bei den Versuchen angeführten Temperaturen sind die schon berichtigten.

Da die Temperatur in der Sternwarte und in dem Gehäuse für den Apparat, in verschiedenen Höhen oft sehr ungleich war, vorzüglich bei grofser Wärme, und durch keines der von mir versuchten Mittel gleich gemacht werden konnte, so wird es nöthig, die Temperatur der Theile des Apparats welche nicht gleich hoch mit den Thermometern sind, aus den Angaben zweier derselben, der Höhe proportional zu bestimmen. Ich habe daher die Temperatur für die Höhe h, wenn diese gröfser ist als die Höhe des Thermometers e'',

$$= \frac{1292 - h}{708} e'' + \frac{h - 584}{708} e'''$$

angenommen; wenn sie kleiner ist

$$= \frac{534 - h}{338} e' + \frac{h - 196}{338} \cdot e''.$$

Hieraus folgt, wie aus der IV$^{\text{ten}}$ Beilage hervorgeht, die mittlere Temperatur der Toise

$$\tau = 0,4095 \cdot e'' + 0,5905 \cdot e''' ;$$

und unter der Annahme daſs sie 0,0008 Lin. kürzer ist als die *Toise du Pérou*, und daſs das Eisen sich, für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers, Bordas Angabe zufolge, um 0,0000114 seiner Länge ausdehnt, ihre jedesmahlige Länge

$$= 863,^L 9992 \cdot \frac{1 + \tau \cdot 0,0000114}{1 + 16,25 \cdot 0,0000114}$$

$$= 863,^L 839174 + \tau \cdot 0,^L 00984777$$

Ferner erhält man die Temperatur welche zur Berechnung der um den Halbmesser der Pendelkugel verminderten Entfernung des Fühlhebels von dem Aufhängepunkte des kurzen Pendels angewandt werden muſs,

$$\tau' = 0,6494 \cdot e' + 0,3506 \cdot e''$$

und diese Entfernung selbst, die für $\tau' = 0$ stattfindende durch F bezeichnet.

$$= F + \tau' \cdot 0,^L 0054132,$$

wobei zu bemerken ist, daſs eine etwanige Unsicherheit des Coefficienten von τ', keinen erheblichen Einfluſs auf das Resultat der Versuche haben kann, indem es sich ohnehin von selbst versteht, daſs man die zusammengehörigen Beobachtungen beider Pendel in nicht sehr verschiedenen Temperaturen macht.

Die Temperatur der Luft im Gehäuse des Apparats, ist durch die Thermometer l' und l'' (oder l''') beobachtet, uud in den Originalbeobachtungen in wahren Centesimalgraden angeführt. Die Angabe des mit der Pendelkugel in gleicher Höhe befindlichen Thermometers l' dient zur Berechnung der Reduction auf den leeren Raum. Allein von der halben Summe der Temperaturen an beiden Enden des Fadens, hängt auch die Länge desselben ab; wenn nämlich zur Zeit der Messungen der Höhe der Kugel, welche immer am Anfange und am Ende eines Versuchs gemacht sind, die mittlere Temperatur der Luft durch L bezeichnet wird, zur Zeit

einer Schwingung des Pendels durch L', so ist die Länge des schwingenden Pendels zu der gemessenen im Verhältnisse

$$1 + L' \,.\, 0,000011898 : 1 + L \,.\, 0,000011898$$

wo die Ausdehnung des Stahlfadens nach Herrn Troughtons Angabe genommen ist. Die Schwingungszeit welche das Pendel gehabt haben würde, wenn es die aus den Messungen folgende Länge unverändert beibehalten hätte, muſs daher, sehr nahe, mit

$$1 + (L' - L)\; 0,000005949$$

multiplicirt werden um die wirkliche Schwingungszeit zu ergeben.

8.

Die Mikrometerschraube durch welche die Höhenunterschiede der Kugel, in zusammengehörigen Versuchen, gemessen werden, erhebt oder erniedrigt, wie ich schon in der Beschreibung des Apparats angeführt habe, den Cylinder von Stahl, auf welchem der Fühlhebel befestigt ist. Dieser Cylinder läſst sich um seine Axe drehen, so daſs man messen kann, sowohl wenn der Fühlhebel nach der rechten Seite, als auch wenn er nach der linken gewandt ist; das erstere ist der in der Zeichnung dargestellte Fall. Durch diese Einrichtung hat Herr Repsold einen doppelten Zweck erreicht. Es ist nämlich klar, daſs die polirte Stahlebene am Fühlhebel, welche mit der Kugel in Berührung gebracht wird, nicht genau horizontal gemacht werden kann, weil sie sich um die Axe des Fühlhebels drehen muſs; daher muſs ein Fehler entstehen, wenn beide Pendel, zwischen welchen der Höhenunterschied gemessen werden soll, nicht genau auf denselben Punkt der Ebene treffen; dieser verschwindet aber gänzlich, wenn man die Messung mit dem umgewandten Fühlhebel wiederholt, und es war daher unnöthig eine Vorrichtung anzubringen, wodurch man sich überzeugen könnte, daſs beide Pendel genau in derselben Lothlinie hängen. Ferner kann man dadurch, daſs man eine Wasserwage auf das Gehäuse des Fühlhebels setzt, und den Cylinder dann um seine Axe dreht, prüfen ob er genau lothrecht steht; ich habe ihn auf diese Art vollkommen scharf berichtigen können.

Die Mikrometerschraube welche den Fühlhebel erhöhet und erniedrigt, zeigt auf einer Scale die ganzen Drehungen und auf ihrer Trommel

die Hunderttheile derselben. Den Werth ihrer Revolutionen habe ich nicht durch directe Messung, sondern durch die Schwingungen des kurzen Pendels bestimmt. Zu diesem Zwecke wurden acht Versuche gemacht, zwischen welchen ich die Länge des Pendels, durch Drehung der Schraube am Aufhängungsrahmen, veränderte. Die gefundenen und gehörig reducirten Schwingungszeiten gaben, unter Annahme der Länge des einfachen Secundenpendels $= 440,^{L}81$, folgende Werthe von F, d. i. der bei der Temperatur $= 0$ stattfindenden Entfernung des Aufhängepunkts, von dem einen Halbmesser der Kugel über dem Fühlhebel liegenden Punkte, wenn die Mikrometerschraube den Ort einnimmt, welcher dem Anfangspunkte ihrer Scale entspricht:

	Werthe von F
1ter Versuch	$441,^{L}1619 + 15,051.p$
2ter —	$441,8469 + 7,424.p$
3ter —	$442,4982 + 0,197.p$
4ter —	$442,4966 + 0,209.p$
5ter —	$441,8402 + 7,493.p$
6ter —	$441,1527 + 15,141.p$
7ter —	$440,4219 + 23,211.p$
8ter —	$440,4254 + 23,156.p$

Hier bedeutet p den Werth einer Drehung der Schraube, welche sich aus diesen Bestimmungen $= 0,^{L}0902$ ergiebt. Die übrig bleibenden Fehler sind dann:

$+ 0,^{L}0031$
$- 0,0004$
$- 0,0004$
$- 0,0009$
$- 0,0003$
$+ 0,0020$
$- 0,0009$
$- 0,0023$

Obgleich man noch bedeutend gröfsere Höhenunterschiede mit der Mikrometerschraube messen kann, so sind die bei diesen Versuchen vorkommenden doch völlig hinreichend zur Bestimmung von p, indem, bei den zusammengehörigen Versuchen mit beiden Pendeln, immer nur sehr kleine

Höhenunterschiede, von wenigen Hunderttheilen einer Linie vorkommen. Wegen dieses geringen Einflusses von p, wird auch das Resultat dieser Abhandlung nicht merklich an Authenticität verlieren, indem ich die Original-Beobachtungen der angeführten acht Versuche nicht bekannt mache.

9.

Wenn man die Mikrometerschraube so weit aufwärts dreht, daſs der lange Arm des Fühlhebels bis zu seinem Zeichen am Gehäuse steigt, so wirkt das Übergewicht des Fühlhebels dem Gewichte der Kugel entgegen und vermindert dadurch die Spannkraft, und auch die Länge des elastischen Fadens. Ein Übergewicht des Fühlhebels ist aber nothwendig, indem er ohne dieses nicht sicher gegen die Kugel drücken würde; man kann dasselbe verkleinern oder vergröſsern, durch ein Gegengewicht welches sich verschieben läſst. Ich habe dieses Gegengewicht so gestellt, daſs die Stahlplatte des Fühlhebels in Gleichgewicht gesetzt wurde, wenn man ihren Mittelpunkt mit einem Gewichte von 32, 84 Gran belastete. Ein gleiches Gewicht drückt also der Kugel, während die Pendellänge gemessen wird, entgegen. Um die daraus entstehende Verkürzung des Fadens kennen zu lernen, habe ich die Kugel mit verschiedenen Gewichten belastet und die dadurch entstandenen Verlängerungen mit der Mikrometerschraube gemessen. Da kleinere und gröſsere Gewichte immer übereinstimmten, so führe ich hier nur das Resultat des gröſsten von allen an; dieses wog 678, 5 Gran, und verlängerte das lange Pendel mit der Kugel von Messing um $0,968\,p$, das kurze um $0,311\,p$, oder jenes um $0,^{L}0873$, dieses um $0,^{L}0281$. Hieraus folgt, die Verkürzung welche der Gegendruck des Fühlhebels verursacht, und um welche die unmittelbar gemessenen Längen vergröſsert werden müssen,

$$= 0,^{L}0042 \text{ und } 0,^{L}0014.$$

Für das Pendel mit der leichteren Elfenbeinkugel, welches einen schwächeren Faden hatte, fand ich auf dieselbe Art,

$$0,^{L}0082 \text{ und } 0,^{L}0026.$$

Indessen folgt aus der Elasticität des Fadens noch eine andere Erscheinung, welche ich, obgleich sie keinen Einfluſs auf die Resultate hat,

doch nicht unerwähnt lassen darf. Wenn man nämlich den Fühlhebel, sowohl durch Vorwärts als Rückwärtsdrehen der Mikrometerschraube einstellt, so zeigt sich jedesmahl im ersten Falle eine kleinere Pendellänge als im zweiten; der Unterschied beträgt, nach einem Mittel aus allen Versuchen, für das lange Pendel mit der Messingkugel 0, 045 *p*, und für das kurze 0, 020 *p*, oder 0,^{L}0041, und 0,^{L}0018. Aus der Ungleichheit dieser Zahlen geht hervor, dafs er nicht die Folge eines todten Ganges der Schraube sein kann, welcher nach Herrn Repsolds Versicherung, bei so feinen mit gehöriger Vollkommenheit gearbeiteten Schrauben, auch unmerklich ist. Seine Ursache ist vielmehr die Reibung welche der Fühlhebel in seinen Axen erleidet (deren er zwei hat, indem er aus zwei Hebeln zusammengesetzt ist; wovon der erste den zweiten bewegt); nimmt man an, dafs man ein Gewicht *m* auf die Stahlplatte am kurzen Arme des Fühlhebels legen müfste, um die Reibung zu überwinden, so ist die Kraft welche er gegen die Kugel äufsert, beim Aufwärtsschrauben $= 32{,}84 + m$, beim Abwärtsschrauben $= 32{,}84 - m$, also die Verkürzung des Pendels diesen Kräften proportional, und das Pendel beim Aufwärtsschrauben wirklich kürzer als beim Abwärtsschrauben. Aus der angeführten Gröfse der Unterschiede geht hervor, dafs *m* nahe die Hälfte des Übergewichts von 32, 84 Gran betragen mufs; in der That erlangt der Fühlhebel, wenn man ihn mit einem Gewichte von dieser Schwere belastet, noch kein freies Spiel. Diese Erklärung des Unterschiedes stimmt mit der Verschiedenheit seiner an beiden Pendeln beobachteten Gröfse so nahe überein, dafs das Wenige was daran fehlt, wohl den Beobachtungsfehlern, oder kleinen zufälligen Änderungen in der Gröfse der Reibung zugeschrieben werden kann, also nicht zu der Annahme eines todten Ganges der Schraube nöthigt. — Die wahre Pendellänge ist das Mittel aus zwei Messungen beim Auf- und Abwärtsschrauben, sowohl wenn der Unterschied von der angegebenen Ursache allein herrühret, als auch wenn ein kleiner todter Gang der Schraube dabei mitwirkt.

10.

Ich habe oben schon gesagt, dafs ich die Vergleichung der Toise mit der *Toise du Pérou* der Güte der Herren Arago und Zahrtmann verdanke. Ein darüber, von diesen Herren angefertigtes Certificat, welches

ich in der V^ten Beilage mittheile, giebt an, dafs die Länge um eine sehr kleine Quantität, nämlich 0,^L0008 kürzer ist als das Original der Toise.

Die Toise ist 19 Lin. breit und 4,2 dick, und mit Sorgfalt gearbeitet. Ihr Gebrauch bei den Pendelversuchen setzt voraus, dafs die Entfernung der Endflächen, in der Axe der Stange gemessen, die wahre Länge ist; denn die Kugel am Abwickelungs-Cylinder liegt immer auf dieser Mitte, und mit der Mitte steht die Toise auf der horizontalen Ebene am Cylinder (*i*). Da ich aber nicht weifs, ob die Vergleichung mit der *Toise du Pérou* sich gleichfalls auf die Mitte bezieht, so habe ich für nöthig gehalten, zu untersuchen, ob die beiden Endflächen senkrecht auf der Axe der Toise stehen. Dieses hat sich wirklich so gezeigt, durch eine Prüfungsart welche über ein Tausendtheil einer Linie keinen Zweifel läfst. Das Mittel was ich zu dieser Untersuchung der Toise angewandt habe, bot der Pendelapparat selbst dar. Es kommt nämlich nur darauf an, die Berührungspunkte der Kugel am Abwickelungs-Cylinder und der Toise, durch Verschiebung des Aufhängungsrahmen, zu verändern, und durch die Mikrometerschraube zu prüfen, ob die Kugel des angehängten Pendels immer eine gleiche Höhe behält, oder ob diese sich durch das Verschieben verändert. Um die der Ausführung dieser Prüfung im Wege stehende Schwierigkeit zu beseitigen, welche darin liegt, dafs die Kugel am Abwickelungs-Cylinder nicht weit über die Mitte der Toise hinaus, zurück geschoben werden kann, indem die grofse eiserne Stange dieses verhindert, ersuchte ich Herrn Repsold, einen Abwickelungs-Cylinder zu verfertigen, welcher statt der Kugel eine abgerundete Spitze hat, so dafs sein Berührungspunkt mit der Toise weiter rückwärts liegt. Fig. 4. Taf. II. ist derselbe dargestellt.

Mittelst dieser Einrichtung habe ich fünf Punkte auf jeder Endfläche der Toise untersucht, nämlich den Mittelpunkt und die 0,8 Lin. und 1,6 Lin. nach beiden Seiten von ihm entfernten Punkte. Um die Art wie dieses geschah deutlich angeben zu können, werde ich die beiden Punkte, welche zwischen dem Mittelpunkte und derjenigen Seite der Toise liegen, auf welcher die Aufschrift und ein eingetheilter halber Fufs befindlich sind, durch ihre positiv genommenen Entfernungen von der Axe, also durch + 0,8 und + 1,6; die nach der entgegengesetzten Seite liegenden durch — 0,8 und — 1,6 bezeichnen; die Endfläche welche sich an dem eingetheilten Ende der Toise befindet, werde ich die erste, die entgegengesetzte die zweite Fläche nennen.

Als die Toise so aufgestellt war, daſs die Eintheilung sich unten, und die Aufschrift vorn befand, zeigte die Mikrometerschraube (in entgegengesetzten Lagen des Fühlhebels im Mittel) indem die Spitze des Abwickelungs-Cylinders mit den verschiedenen Punkten der zweiten Fläche in Berührung gebracht wurde:

+ 1, 6 0,″201
+ 0, 8 0, 198
0, 0 0, 189
— 0, 8 0, 175
— 1, 6 0, 171

Darauf wurde die Toise umgewandt: so daſs die Aufschrift hinten war; in diesem Zustande fanden sich, für dieselben Punkte, die Angaben des Mikrometers,

+ 1, 6 0,″182
+ 0, 8 0, 179
0, 0 0, 158
— 0, 8 0, 144
— 1, 6 0, 144

Dann wurde sie umgekehrt, so daſs die Eintheilung oben und die Aufschrift vorn war, wodurch der Abwickelungs-Cylinder mit den Punkten der ersten Fläche in Berührung kam, für welche das Mikrometer angab:

+ 1, 6 0,″353
+ 0, 8 0, 345
0, 0 0, 336
— 0, 8 0, 333
— 1, 6 0, 330

Endlich wurde sie umgewandt, so daſs die Aufschrift hinten war; das Mikrometer zeigte für

+ 1, 6 0,″946
+ 0, 8 0, 939
0, 0 0, 937
— 0, 8 0, 938
— 1, 6 0, 935.

Durch das Umwenden der Toise wird ein Fehler im Parallelismus derselben mit dem Cylinder, welcher den Fühlhebel trägt, unschädlich, so wie dasselbe ihn in doppelter Gröfse zeigen mufs. Daher giebt das Mittel aus den beiden ersten Versuchen die wahre Bestimmung der Punkte auf der zweiten Fläche gegen die Axe, das Mittel aus den beiden letzten dasselbe für die erste Fläche. Man erhält also die Höhen über dem Mittelpunkte ($p = 0,^L 0902$):

	erste Fläche.	zweite Fläche.
+ 1, 6	+ $0,^L 0012$	+ $0,^L 0016$
+ 0, 8	+ 0, 0005	+ 0, 0014
— 0, 8	— 0, 0001	— 0, 0013
— 1, 6	— 0, 0004	— 0, 0014

So klein diese Abweichungen sind, darf man sie doch nicht als Fehler in der Construction der Toise annehmen; sie rühren, wenigstens zum Theil, von einer kleinen Krümmung her, welche die aufgestellte Toise zeigte. Es wurden nämlich die Entfernungen beider Enden und der Mitte der Toise, von dem vor ihr herabhängenden Pendelfaden gemessen und auf diese Weise gefunden, dafs die Seite der Aufschrift konvex, die entgegengesetzte concav war. Die Entfernung der Mitte von der geraden Linie durch beide Endpunkte, fand ich dadurch:

1ter Versuch	0, 18 Lin.
2ter —	0, 14 —
3ter —	0, 11 —
4ter —	0, 05 —

in welchen Angaben aber einige Hunderttheile der Linie unsicher sein können. Diese Krümmung der Toise mufs Höhenunterschiede der verschiedenen Punkte der beiden Endflächen geben, welche in demselben Sinne sind wie die beobachteten. Nimmt man die Sagitte für die beiden ersten Versuche über die erste Fläche $= 0,^L 08$, für die über die zweite Fläche $= 0,^L 16$, und betrachtet man die Seitenflächen der Toise als concentrische Cylinderflächen, so werden die Endflächen, falls sie senkrecht auf den Seitenflächen stehen, verlängert, in der Axe des Cylinders zusammentreffen, und hieraus werden Höhenunterschiede der Punkte auf den Endflächen entstehen, welche

für die erste $+ 0,^{L}0006$, $+ 0,^{L}0003$, $- 0,^{L}0003$, $- 0,^{L}0006$, und für die zweite $+ 0,^{L}0012$, $+ 0,^{L}0006$, $- 0,^{L}0006$, $- 0,^{L}0012$ betragen, und mit dem Resultate der Versuche ziemlich nahe übereinstimmen. Man könnte eine noch gröſsere Übereinstimmung erlangen, wenn man, ohne die Sagitte zu ändern, eine andere Krümmung annähme. Allein die Versuche selbst sind nicht so sicher als man mit der Mikrometerschraube messen kann; denn da es nothwendig war, das Gehäuse des Apparats, bei dem Verschieben des Aufhängungsrahmens zu öffnen, so kann ein Einfluſs der Temperatur übrig geblieben sein, obgleich ich ihn, so viel als möglich, zu vermeiden suchte. Ich glaube daher nicht, daſs man aus diesen Versuchen etwas anderes folgern darf, als daſs der Parallelismus der Endflächen, wenn die Toise auf eine Ebene gelegt und dadurch vollkommen gerade geworden ist, nirgends einen $0,^{L}001$ übersteigenden Fehler hat.

11.

Die Schwingungsweiten beider Pendel sind auf einer Scale gemessen, welche eine in halbe Linien getheilte gerade Linie, und 1276,5 Lin. von dem Aufhängepunkte des langen Pendels, 412,5 Lin. von dem des kurzen entfernt ist. Die Entfernung der Grenzen der Bewegung der Pendel, auf dieser Scale, in Pariser Linien gemessen, ist in der mit dem Buchstaben μ überschriebenen Columne der Original-Beobachtungen angegeben.

Indessen darf, bei der Berechnung des Einflusses der Gröſse der Schwingungen auf die Zeit derselben, nicht unberücksichtigt bleiben, daſs die Scale sich nicht in der Schwingungsebene des Pendels, sondern 18 Linien hinter derselben befindet, woraus folgt, daſs man die Weiten gröſser sieht als sie wirklich sind. Bei dem langen Pendel wurde μ mit einem Fernrohre beobachtet, welches 18 Fuſs = 2592 Lin. von der Scale entfernt und etwas seitwärts gestellt war, so daſs man damit neben dem Uhrpendel vorbeisehen konnte; die wahre Schwingungsweite ist daher

$$= \mu \cdot \frac{2574}{2592} = \frac{143}{144} \cdot \mu$$

wodurch man die gröſste Entfernung des Pendels von der Lothlinie (u') aus der Formel

$$\text{tang. } u' = \frac{143 \cdot \mu}{2 \cdot 144 \cdot 1276,5} = \frac{143 \cdot \mu}{367632}$$

erhält. Drückt man die Schwingungszeit durch diese Tangente aus, so erhält man sie

$$= t\left\{1 + \frac{1}{16}\,\text{tgt}\,u'^2 - \frac{37}{1024}\,\text{tgt.}\,u'^4 + \text{u.s.w.}\ldots\right\}$$

oder, da bei meinen Versuchen, nur das vom Quadrate abhängige Glied merklich ist

$$= t\,\{1 + \alpha\,.\,\mu\mu\}$$

wo $\alpha = \left(\frac{143}{1470523}\right)^2$ und log. $\alpha = 1,97574 - 10$ ist.

Bei dem kurzen Pendel lagen die Grenzen der Schwingungen noch in dem Raume, welchen man durch das, zwischen dem Apparate und der Uhr befindliche Objectiv übersehen konnte, und wurden daher durch dasselbe Fernrohr beobachtet, welches die Coincidenzen angab. Hierbei ist der Einfluſs der Entfernung der Scale vom Pendelfaden weit gröſser, und es fand sich, durch eine zweite Scale, welche in die Ebene der Bewegung gebracht wurde, daſs 10 Lin. derselben, 11 Lin. der entfernteren deckten. Man hat also für das kurze Pendel, die wahre Schwingungsweite

$$= \frac{10}{11}\,\mu$$

ferner

$$\text{tang}\,u' = \frac{10\,.\,\mu}{2\,.\,11\,.\,412,5} = \frac{2\mu}{1815}$$

und die Schwingungszeit

$$= t\,\{1 + \alpha\,\mu\mu\}$$

wo $\alpha = \frac{1}{(3630)^2}$, log. $\alpha = 2,88018 - 10$ ist.

12.

Nachdem ich alle Einrichtungen und Umstände, deren Kenntniſs nöthig zu sein scheint, angezeigt habe, werde ich jetzt die Art der Berechnung der Versuche angeben; zuerst wie die Dauer einer Schwingung, in Secunden der Uhr *P* bestimmt wurde.

Ich fange mit dem langen Pendel an. Im 5ten Art. ist die Beobachtungsart schon beschrieben, und es ist dort angeführt, wie mehrere einzelne Beobachtungen zu 9 arithmetischen Mitteln vereinigt worden sind, deren jedes etwa 500 Schwingungen von dem vorhergehenden oder folgenden ent-

fernt ist, Diese Mittel wurden zuerst auf runde Zahlen von Schwingungen immer genau um 500 von einander verschieden, reducirt, wobei die Dauer einer Schwingung so angenommen wurde, wie sie aus der Vergleichung des ersten und letzten Mittels folgt; man findet die Resultate dieser Reduction, unter der Aufschrift „Reducirte Mittel der Beobachtungen" angeführt, und ich habe dabei nur zu erinnern, dafs die Annahme gleichzeitiger Schwingungen bei der Reduction auf die runden Zahlen, keinen merklichen Fehler erzeugt, wenn auch, der Strenge nach, die früheren Schwingungen, wegen der gröfseren Winkel, etwas länger dauern als die späteren. Die bei diesen reducirten Mitteln angegebenen Schwingungsweiten und Temperaturen sind nicht unmittelbar beobachtet, indem in derselben Zeit, für welche diese Angaben gelten, die Coincidenzen wahrgenommen werden mufsten; allein sie sind immer aus zwei Beobachtungen am Anfange und am Ende dieser Coincidenzen interpolirt, und dadurch noch etwas genauer geworden als eine einzelne sie gegeben haben würde. Durch diese Werthe von μ, l' und l''' wurden, nach den Formeln des 7ten und 11ten Art., der Unterschied y der Dauer einer Schwingung von der für $u' = o$ und die mittlere Temperatur der Messung der Länge des Pendels $= L$ stattfindenden, diese letztere als Einheit angenommen, nämlich

$$y = \alpha\mu\mu + 0{,}000005949\left(\frac{l' + l'''}{2} - L\right)$$

für jedes der 9 Momente berechnet. Der Einflufs dieses Unterschiedes auf jedes der 8 Intervalle $= \int y\, dt = Y$, wurde durch mechanische Quadratur bestimmt, wobei aber die zweiten und folgenden Differenzen die letzte in die Rechnung aufgenommene Decimale oft nicht mehr ändern, so dafs dann Y geradezu dem Produkte der Zwischenzeit in die halbe Summe der Werthe von y, für den Anfang und das Ende des Intervalls, gleich wird.

Wenn daher t die Dauer einer Schwingung des Pendels, für einen unendlich kleinen Schwingungswinkel und die mittlere Temperatur der beiden Messungen der Länge bezeichnet, Y, Y', Y'', u. s. w. . . die Werthe von $\int y\, dt$ für die verschiedenen Intervalle, so sind die Ausdrücke der Zwischenzeiten

$$500\,t + Y$$
$$500\,t + Y'$$
$$500\,t + Y''$$

u. s. w.

oder, wenn der Bequemlichkeit wegen, $500\,t = h + x$ gesetzt wird, wo h ein genäherter Werth von $500\,t$, also x eine kleine, durch die Beobachtungen zu bestimmende Verbesserung ist,

$$h + Y + x$$
$$h + Y' + x$$
$$h + Y'' + x$$
u. s. w.

Bezeichnet man ferner durch T die Uhrzeit des ersten Moments, und durch z ihren Beobachtungsfehler, so hat man, wenn man zuerst $h + Y + x$ zu $T + z$, dann $h + Y' + x$ zu der Summe, u. s. w. addirt, die Ausdrücke der Uhrzeiten der 9 beobachteten Momente, und wenn man die wirklich beobachteten davon abzieht, die 9 Gleichungen

$$0 = z$$
$$0 = n^{(1)} + z + x$$
$$0 = n^{(2)} + z + 2x$$
$$\cdots\cdots$$
$$0 = n^{(8)} + z + 8x$$

deren Auflösung, nach der Methode der kleinsten Quadrate,

$$x = -\frac{1}{60}\left\{4n^{(8)} + 3\left(n^{(7)} - n^{(1)}\right) + 2\left(n^{(6)} - n^{(2)}\right) + n^{(5)} - n^{(3)}\right\}$$

$$z = -\frac{1}{9}\left\{n^{(1)} + n^{(2)} + \ldots + n^{(8)}\right\} - 4x$$

ergiebt. Die Substitution der gefundenen Werthe von x und z in die Ausdrücke der 9 Zeiten, giebt die Zahlen, welche in der ,,Rechnung'' überschriebenen Columne der Versuche vorkommen, und die Vergleichung derselben mit den beobachteten, die am vortheilhaftesten vertheilten Fehler. Ich erinnere noch, dafs man die angewandten Werthe von Y, Y', Y''...., welche ich besonders anzuführen für unnöthig hielt, leicht aus der ,,Rechnung'' überschriebenen Columne herausbringt, wenn man von den Zwischenzeiten, welche sie ergiebt, $500\,t$ abzieht.

Für das kurze Pendel habe ich die Rechnung in derselben Form geführt; nur enthalten hier die Intervalle die zwischen zwei unmittelbar beobachteten Coincidenzen liegende Anzahl der Schwingungen, also eine Zahl, welche, theils wegen der Beobachtungsfehler, theils wegen der abnehmenden

Schwingungswinkel, nicht ganz gleich bleibt. Dieses macht indessen keine Änderung in der Art die Rechnung zu führen, wenn man nur die Aufmerksamkeit anwendet, den Näherungswerth der Schwingungszeit, mit welchem man die oben durch h bezeichnete Gröfse berechnet, dem endlichen Resultate so nahe anzunehmen, dafs die, der Schärfe nach, für alle Intervalle nicht ganz gleichen Werthe von x, nicht mehr um solche Gröfsen verschieden sind, bis auf welche die Rechnung richtig geführt werden soll. Da bei den Versuchen mit dem kurzen Pendel 11 Momente vorkommen, so sind die Formeln,

$$x = -\frac{1}{220}\{5.n^{(10)} + 4(n^{(9)} - n^{(1)}) + 3(n^{(8)} - n^{(2)}) + 2(n^{(7)} - n^{(3)}) + n^{(6)} - n^{(4)}\}$$

$$z = -\frac{1}{11}\{n^{(1)} + n^{(2)} + \ldots + n^{(10)}\} - 5x$$

anzuwenden.

Diese Vorschriften beziehen sich auf die mit der Kugel von Messing gemachten Versuche. Bei der Anwendung der Kugel von Elfenbein, nahmen aber die Schwingungswinkel so schnell ab, dafs mit dem langen Pendel nur 3, mit dem kurzen nur 5 Momente beobachtet werden konnten. Für jenes hat man daher

$$x = -\frac{1}{2}n^{(2)}$$

$$z = -\frac{1}{3}(n^{(1)} + n^{(2)}) - x$$

für dieses

$$x = -\frac{1}{10}\{2n^{(4)} + n^{(3)} - n^{(1)}\}$$

$$z = -\frac{1}{5}\{n^{(1)} + n^{(2)} + n^{(3)} + n^{(4)}\} - 2x$$

Allgemein ist für $m+1$ Momente:

$$x = -\frac{6}{m.m+1.m+2}\{m.n^{(m)} + (m-2)(n^{(m-1)} - n^{(1)}) + (m-4)(n^{(m-2)} - n^{(2)}) + \text{u. s. w.} \ldots\}$$

$$z = -\frac{1}{m+1}\{n^{(1)} + n^{(2)} + \ldots + n^{(m)}\} - \frac{m}{2}x.$$

13.

Die auf diese Art gefundenen, und, der Vorschrift im 6ten Art. gemäfs, in mittlerer Zeit ausgedrückten Schwingungszeiten der Pendel, müssen von dem Einflusse befreit werden, welchen die Luft darauf äufsert. Wenn man die Masse eines, in einer Flüssigkeit sich bewegenden Körpers durch m, die Masse der durch denselben aus dem Wege gedrängten Flüssigkeit durch m' bezeichnet, so hat man die beschleunigende Kraft, welche der Körper erfährt, seit Newton,

$$= \frac{m - m'}{m}$$

angenommen, und dieser Annahme gemäfs auch die Pendelversuche reducirt.

Diese Annahme gründet sich darauf, dafs man die bewegende Kraft welche der Körper erfährt, und welche $= m - m'$ ist, auf die im Körper befindliche Masse m vertheilt hat. Sie mufs aber nicht nur auf diese, sondern auf alle Massentheile welche mit dem Körper in Bewegung gesetzt werden, also auch auf die bewegten Theile der Flüssigkeit, vertheilt werden, wodurch der Nenner der Formel, welche die beschleunigende Kraft ausdrückt, nothwendig gröfser wird als m.

Ich werde die Drehung eines Körpers um eine horizontale Axe betrachten, und die Entfernung seines Schwerpunkts von derselben, durch s bezeichnen; seine Masse durch m; die Summe aller Massentheile in das Quadrat ihrer Entfernung von der Axe multiplicirt durch $m\,(\mu + ss)$, wo also $m\mu$ das Moment der Trägheit für den Schwerpunkt ist; den Winkel der durch die Drehungsaxe und den Schwerpunkt gelegten Ebene mit der Lothlinie durch u; die Länge des einfachen Secundenpendels durch λ. Nach diesen Bezeichnungen hat man bekanntlich, durch den Satz von der Erhaltnng der lebendigen Kraft, die Differentialgleichung der Bewegung im leeren Raume:

$$c = m\,(\mu + ss)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\,.\,ms\,.\,\mathrm{Cos}\,u$$

Bewegt sich aber der Körper in einer Flüssigkeit, so gehört auch diese zum bewegten Systeme, und es ist einleuchtend, dafs alle drei Glieder der Gleichung dadurch Veränderungen erfahren. Zuerst bewirkt der Stofs des Körpers gegen immer andere Theile der Flüssigkeit, in jedem Punkte des

Raums durch welchen der Körper sich bewegt, einen Verlust an lebendiger Kraft des ganzen Systems, also eine Verminderung von c, welche von der Geschwindigkeit und der äufseren Figur des Körpers abhängt und welche ich durch $\phi\left(\frac{du}{dt}\right)$ andeuten werde; während des Zeittheilchens dt aber bewegt sich der Körper um du, wodurch die Verminderung von c, in diesem Zeittheilchen $= du\,\phi\left(\frac{du}{dt}\right)$ wird, also c selbst, nach einer endlichen Zeit, sich in $c - \int du\,\phi\left(\frac{du}{dt}\right)$ verwandelt. Ferner kommt zum zweiten Gliede der Gleichung die Summe aller Theilchen der Flüssigkeit, jedes mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit multiplicirt, oder $\int vv\,dm'$ hinzu. Endlich wird dem dritten Gliede die Summe der Producte des auf jeden Punkt der Oberfläche wirkenden, nach der Richtung der Schwere zerlegten Drucks, in die Entfernung von der durch die Drehungsaxe gelegten horizontalen Ebene und in $2\pi^2\lambda$ multiplicirt, hinzugefügt; von dieser Summe kann man leicht zeigen, dafs sie $= 2\pi^2\lambda\,.\,m's'$ Cos u ist, wo s' die Entfernung des Schwerpunkts der äufseren Figur des Körpers von der Axe und m' die aus dem Wege gedrängte Flüssigkeit bezeichnet. Liegen die Schwerpunkte der Masse und der Figur des Körpers und die Drehungsaxe, in einer Ebene, welches ich der Kürze wegen annehmen werde, indem der entgegengesetzte Fall sich leicht darauf reduciren läfst, so vereinigen sich das letzte Glied und das was die Flüssigkeit ihm hinzusetzt, und man erhält die Differentialgleichung der Bewegung des Körpers in der Flüssigkeit:

$$c - \int du\,\phi\left(\frac{du}{dt}\right) = m\,\{\mu + ss\}\left(\frac{du}{dt}\right)^2 + \int vv\,dm' - 2\pi^2\lambda\,(ms - m's')\,\text{Cos}\,u.$$

Bisher hat man nur die von der Flüssigkeit herrührenden Theile des ersten und letzten Gliedes dieser Gleichung in Rechnung gebracht. Jener erzeugt den Widerstand, von welchem gezeigt worden ist, dafs er auf die Schwingungszeit keinen Einflufs hat, sondern nur den Winkel verkleinert. Im letzten Gliede aber hat man bisher $s = s'$ gesetzt, obgleich dieses nur dann erlaubt ist, wenn das Pendel aus homogenen Theilen besteht. Der richtige Ausdruck von $ms - m's'$ ist aber, wenn M, M', M''... die Massen der einzelnen Theile, δ, δ', δ''... ihre specifischen Schweren, S, S', S''.... die Entfernungen ihrer Schwerpunkte von der Axe, Δ die specifische Schwere der Flüssigkeit bezeichnen,

$$ms\left\{1-\frac{\frac{MS}{\delta}+\frac{M'S'}{\delta'}+\frac{M''S''}{\delta''}+\text{u.s.w.}\ldots}{MS+M'S'+M''S''+\text{u.s.w.}\ldots}\cdot\Delta\right\}$$

Das was dem zweiten Gliede hinzugefügt werden mufs, ist allgemein vernachlässigt worden.

Die vollständige Theorie der Bewegung eines Pendels in einer Flüssigkeit, setzt die über die ganze Masse derselben ausgedehnte Integration von $vv\,dm'$ voraus, welche man aber bekanntlich nicht erhalten kann, indem sie auf die allgemeine Schwierigkeit zurückkömmt, welche die Fortschritte der Hydrodynamik gehemmt hat. Wenn man voraussetzen wollte, dafs jedes Theilchen der Flüssigkeit nur so lange in Bewegung ist als der schwingende Körper, so dafs es seine Bewegung augenblicklich verliert, wenn dieser in Ruhe versetzt wird, so würde die Geschwindigkeit offenbar der des Körpers proportional, übrigens aber von der Figur des Körpers und dem Orte des Theilchens abhängig sein: in diesem Falle erhielte man also

$$\int vv\,dm' = m'K\left(\frac{du}{dt}\right)^2$$

wo K eine beständige Gröfse ist, und die Schwingungszeit würde man dnrch Integration der Gleichung

$$c = m\left\{\mu + ss + \frac{m'}{m}K\right\}\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\,(ms - m's')\,\mathrm{Cos}\,u$$

erhalten, oder das Pendel würde sich bewegen wie ein einfaches, dessen Länge

$$= \frac{\mu + ss + \frac{m'}{m}K}{s - \frac{m'}{m}s'}$$

ist; der bisher vernachläfsigte Theil würde also nur das Moment der Trägheit vermehren.

Obgleich diese Annahme der wirklichen Bewegung der Flüssigkeit, selbst für kleine Geschwindigkeiten, wahrscheinlich nicht entspricht, so kann man dasselbe Resultat welches sie gegeben hat, doch durch eine Voraussetzung über die Form des Integrals $\int vv\,dm'$ erhalten, welche so allgemein ist, dafs man das Resultat nicht mehr als hypothetisch betrachten darf. Von welcher Beschaffenheit nämlich auch dieses Integral sein mag, so läfst

sich immer annehmen, dafs der Werth welchen es allgemein zur Zeit t hat, nach der Vollendung zweier Schwingungen, wenn Ort und Bewegung des Pendels wieder dieselben geworden sind, wiederkehrt; dieses mufs dann stattfinden, wenn die Umstände der anfänglichen Bewegung, durch die Widerstände verschwunden sind und Alles in den Beharrungszustand gekommen ist. Ist nun die Schwingungszeit diejenige, in welcher der Winkel nt um 180° wächst, wo n eine Constante, so hat das Quadrat der Geschwindigkeit der Flüssigkeit in jedem Punkte des Raums, einen Ausdruck welcher seinen Werth wiedererlangt wenn nt um 360° wächst; ich werde ihn durch

$$u'u'\,nn\,\{a^{(0)}+a^{(1)}\,\mathrm{Cos}\,(nt+A^{(1)})+a^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt+A^{(2)})+\text{u. s. w.} \ldots$$

bezeichnen, wo u' den Schwingungswinkel des Pendels bedeutet, und $a^{(0)}$, $a^{(1)}, \ldots\, A^{(1)}, A^{(2)} \ldots$ im Falle der Proportionalität der Oscillationen der Flüssigkeit und des Pendels, beständige Gröfsen, im entgegengesetzten Falle von u' abhängig sein werden. Das über den ganzen, durch die Flüssigkeit gefüllten Raum ausgedehnte Integral $\int vv\,dm'$, mufs also die Form

$$m'u'u'\,nn\,\{b^{(0)}+b^{(1)}\,\mathrm{Cos}\,(nt+B^{(1)})+b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt+B^{(2)})+\text{u. s. w.} \ldots\}$$

annehmen, wo $b^{(0)}, b^{(1)}, b^{(2)}, \ldots\, B^{(1)}, B^{(2)}, \ldots$ von der Figur des Körpers, und, allgemein zu reden, auch von dem Schwingungswinkel abhängen. Wenn aber der schwingende Körper von beiden Seiten gleichförmig ist, so dafs er, bei der Bewegung nach beiden Seiten, der Flüssigkeit eine gleiche Oberfläche darbietet, so mufs $\int vv\,dm'$ auch nachdem nt um 180° gewachsen ist, denselben Werth wiedererlangen, und hierdurch wird man den gegebenen Ausdruck abkürzen können, indem diese Bedingung, durch die Construction des Pendels, immer erreicht werden kann. In diesem Falle müssen nämlich die von nt, $3nt$, $5nt$, u. s. w. ... abhängigen Glieder verschwinden, weshalb der Ausdruck:

$$\int vv\,dm' = m'u'u'\,nn\,\{b^{(0)}+b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt+B^{(2)})+b^{(4)}\,\mathrm{Cos}\,(4nt+B^{(4)})+\text{u. s. w.}\}$$

übrig bleibt.

Die Einwirkung dieses Ausdrucks auf die Bewegung des Pendels, habe ich in der VI[ten] Beilage untersucht, und gefunden, dafs sie, im Falle $\frac{m'}{m}$ eine kleine Gröfse ist, deren Quadrat u. s. w. man vernachläfsigen darf, auf die Ausdehnung der Schwingungen keinen Einflufs hat, aber die Länge

des einfachen Pendels, welches mit dem sich in der Flüssigkeit bewegenden, zusammengesetzten, gleichzeitig schwingt,

$$= \frac{\mu + ss + \frac{2m'}{m}\left\{b^{(2)} \operatorname{Cos} B^{(2)} - 2b^{(4)} \operatorname{Cos} B^{(4)} + 3b^{(6)} \operatorname{Cos} B^{(6)} - \text{etc...}\right\}}{s\left\{1 - \frac{m's'}{ms}\right\}} = \frac{\mu + ss + \frac{m'}{m} K}{s\left(1 - \frac{m's'}{ms}\right)}$$

ergiebt.

Ob die Gröſse K welche hier zum Momente der Trägheit des Pendels hinzugekommen, constant oder mit den Schwingungswinkeln veränderlich ist, hängt davon ab, ob die Ausdehnung der Bewegungen der Flüssigkeit den Schwingungswinkeln proportional ist oder nicht. Die Beobachtungen müssen darüber entscheiden; sie werden zeigen daſs der Einfluſs der Luft constant ist, wenn Reihen von Coincidenzen, welche bei gröſseren Schwingungswinkeln anfangen und bei kleineren enden, sich durch die gewöhnliche Reduction auf unendlich kleine Winkel vollständig darstellen lassen. Man wird weiter unten sehen, daſs dieses wenigstens mit starker Annäherung der Fall ist.

Für ein Pendel welches an einem Faden aufgehängt, und dessen Masse in einem kleinen Raume vereinigt ist, kann die Ausdehnung der Bewegung aller Theile $= su'$ angenommen werden; im Falle der Proportionalität enthalten die Coefficienten $b^{(2)}$, $b^{(4)}$.... dann den Factor ss, welcher für ein solches Pendel weit gröſser ist als μ, so daſs das Verhältniſs $ss : ss + \mu$ sehr nahe $= 1$ ist. Dadurch wird die Einwirkung der Flüssigkeit von der Länge des Pendels unabhängig, oder es hat das, im Ausdrucke des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, welchen ich nun durch

$$\frac{\mu + ss}{s - \frac{m'}{m} s}\left(1 + \frac{m'}{m} k\right)$$

bezeichnen werde, vorkommende k, für verschiedene Längen sehr nahe einen gleichen Werth.

14.

Dieses k hat man bisher als verschwindend angenommen, allein es geht aus der gegebenen Darstellnng hervor, daſs kein Grund dazu vorhanden ist; da die Gröſse dieses Coefficienten unbekannt ist, so kann man nur

durch Versuche, welche auf seine Erfindung gerichtet sind, entscheiden, wie grofs sein Einflufs auf das Resultat der Pendelversuche ist.

Das sich am ersten darbietende Mittel, aus den Versuchen richtige Resultate zu erhalten, wäre vielleicht, das Pendel im leeren Raume schwingen zu lassen; allein ich fürchte, dafs dieses Schwierigkeiten haben würde, welche Zweifel anderer Art erzeugen könnten. Ein zweites Mittel ist, zwei Pendel schwingen zu lassen, welche ihrer Figur nach gleich, aber ihrer Masse nach sehr verschieden sind. In diesem Falle wird, da der Coefficient k für beide gleich ist, die Reduction auf den leeren Raum, welche der Masse umgekehrt proportional ist, sehr verschieden sein, und man wird sie aus beiden Versuchsreihen eliminiren können.

Dieses Mittel habe ich angewandt, indem ich, aufser der Kugel von Messing, eine von Elfenbein von gleicher Gröfse schwingen liefs, welche 4,6 Mahl so leicht ist, und daher dem Coefficienten k eine bedeutend gröfsere Einwirkung auf das Resultat giebt.

Der Berechnung der Versuche mit beiden Kugeln, habe ich die Form gegeben, welche die vollständigste Übersicht über das Verhalten der einzelnen gegeneinander, gewährt. Wenn die in mittleren Secunden ausgedrückte, beobachtete Schwingungszeit für einen unendlich kleinen Schwingungswinkel t genannt wird, die Länge des einfachen Secundenpendels λ, so ist die Länge des einfachen Pendels welches in derselben Zeit schwingen würde,

$$l = \lambda tt;$$

hätte man aber die Beobachtungen im leeren Raume gemacht, so würde man eine kleinere Länge gefunden haben, nämlich

$$l' = \lambda tt \cdot \frac{1 - \frac{m'}{m}\frac{s'}{s}}{1 + \frac{m'}{m} k}.$$

Die Länge des Pendels ist aber, von der im 8ten Art. durch F bezeichneten, unbekannten Entfernung abhängig gemessen; sie ist nämlich für das lange Pendel gleich der Summe der Längen dieses F und der Toise, beide für die Temperatur des Versuchs genommen, um die Wirkung der Elasticität des Fadens vermehrt und um die Angabe der Mikrometerschraube vermindert; für das kurze gleich der Summe derselben Quantitäten mit Ausschlufs der

Toise; ich bezeichne beide durch $F+h$ und $F+h'$. Fügt man dieser Länge die Reduction des zusammengesetzten Pendels auf das einfache $=c$ hinzu, so erhält man

$$F+h+c,$$

welches dieselbe, aber noch von den unbekannten λ und k abhängige einfache Pendellänge l' ist, welche die Schwingungszeit ergeben hat. Man hat also

$$F+h+c=\lambda tt\,.\,\frac{1-\frac{m's'}{ms}}{1+\frac{m'}{m}k};$$

oder, wenn man, um mit kleineren unbekannten Gröfsen zu rechnen, $\lambda = 440,^{L}81+\varepsilon$ setzt,

$$F=440,81\,tt-h-c+440,81\,tt.\varepsilon\left(1-\frac{m's'}{ms}\right)-440,81\,tt.\frac{m's'}{ms}-(F+h+c)\frac{m'}{m}k$$

Aus den Beobachtungen mit dem kurzen Pendel erhält man einen ähnlichen Ausdruck für F, und aus der Vergleichung beider ε abhängig von k. Allein bei den Versuchen mit der Kugel von Messing ist der Einflufs von k auf die Länge des einfachen Secundenpendels, $440,^{L}81+\varepsilon$, weit kleiner, als bei denen mit der Kugel von Elfenbein; die aus beiden gefundenen Werthe von ε werden also k mit Vortheil ergeben, und man wird dadurch das Endresultat frei von diesem unbekannten Coefficienten erhalten.

Die in den eben angeführten Formeln vorkommenden Coefficienten von $\frac{m'}{m}k$, welche übrigens nur näherungsweise bekannt sein dürften, finden sich aus der Verbindung zweier Beobachtungen, mit beiden Pendeln, unabhängig von der Einwirkung der Luft; nämlich

$$F+h+c=\frac{(h+c-h'-c')}{tt-t't'}\cdot tt;\quad F+h'+c'=\frac{(h+c-h'-c')}{tt-t't'}\cdot t't'.$$

Ich mufs nun noch anführen, welche Bestimmungen der Berechnung von $\frac{m'}{m}$ zum Grunde gelegt worden sind.

15.

Die Dichtigkeit der Luft welche ich angewandt habe, gründet sich auf die schönen Versuche der Herren Biot und Arago, welche fanden, dafs Quecksilber 10475,6 Mahl schwerer ist als atmosphärische Luft bei dem

Barometerstande $= 0,^m 76$ und der Temperatur des schmelzenden Eises. Brisson fand Quecksilber 13,59995 Mahl schwerer als Wasser, beide in der Temperatur des Eispunkts angenommen (*). Endlich fand Hällström (**) die Dichte des Wassers für den Eispunkt $= 0,9997143$, die des dichtesten $= 1$ gesetzt. Hieraus folgt, dafs das dichteste Wasser 770,488 Mahl schwerer ist als Luft bei $0,^m 76$ Barometerhöhe und der Temperatur des schmelzenden Eises; oder, die Dichte der Luft im Allgemeinen, für die auf den Eispunkt reducirte Barometerhöhe b, und die Temperatur x,

$$= \frac{1}{770,488} \cdot \frac{b}{0,76} \cdot \frac{1}{1 + x \cdot 0,00375}.$$

Da das Barometer der Sternwarte, dessen wegen der Capillarität und des Theilungsfehlers berichtigte Höhen, bei den Original-Beobachtungen angegeben sind, eine in Pariser Linien getheilte Scale besitzt, so ist, wenn β seine angegebene Höhe und τ seine Temperatur bezeichnen,

$$b = \frac{\beta\,\{1 + (\tau - 16,25)\, 0,000018782\}}{443,296 \cdot \left(1 + \frac{\tau}{5550}\right)}$$

und daher die Dichte der Luft am schwingenden Pendel, wo l' für x (Art. 7.) zu setzen ist,

$$\Delta' = \frac{\beta}{337,006 \cdot 770,488\,(1 + \tau \cdot 0,0001614)\,(1 + l' \cdot 0,00375)}$$

Die specifische Schwere des Pendels mit der Kugel von Messing, habe ich, für die Temperatur des schmelzenden Eises, 8,18955 Mahl so grofs gefunden als die des dichtesten Wassers; bei der Temperatur l' ist sie daher

$$\Delta = \frac{8,18955}{\{1 + l' \cdot 0,000018782\}^3}.$$

Man erhält daher, da für dieses Pendel $1 - \frac{m's'}{ms}$ von $1 - \frac{m'}{m}$ nicht merklich verschieden ist,

$$\frac{m's'}{ms} = \frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{\alpha\beta\,(1 + l' \cdot 0,0000564)}{(1 + \tau \cdot 0,0001614)\,(1 + l' \cdot 0,00375)}$$

(*) **Hällström.** *De pondere corporum specifico, ad normalem gradum caloris reducendo. Aboae* 1809. P. 9.

(**) **Hällström.** *Dissertatio de mutationibus voluminis aquae destillatae. Aboae* 1802

wo

$$\alpha = \frac{1}{337,006 \,.\, 770,483 \,.\, 8,18955}\,;\quad \log \alpha = 3,67234 - 10$$

ist.

Die specifische Schwere der Kugel von Elfenbein ist, in derselben Temperatur in welcher die Versuche damit gemacht sind, $= 1,78337$ gefunden worden; hier ist aber, wegen der Verschiedenheit der Materien aus welchen das Pendel besteht, $\frac{s'}{s}$ etwas von der Einheit verschieden, weshalb ich nach der im 13ten Art. gegebenen Formel gerechnet, dabei die Massen und Schwerpunkte der einzelnen Theile der VIIten Beilage gemäfs angenommen, und die specifische Schwere der Theile von Messing $= 8,4$, des Fadens $= 7,6$ gesetzt habe. Auf diese Weise habe ich für das lange Pendel

$$\log \frac{m's'}{ms} = 9,74608 + \log \Delta'$$

für das kurze

$$\log \frac{m's'}{ms} = 9,74636 + \log \Delta'$$

erhalten. Setzt man für Δ' seinen Ausdruck durch die Angabe der meteorologischen Instrumente, so erhält man

$$\frac{m's'}{ms} = \frac{\alpha\beta}{(1 + \tau \,.\, 0,0001614)\,(1 + l' \,.\, 0,00375)}$$

wo der Logarithme von α für das lange Pendel $= 4,33168 - 10$, für das kurze $= 4,33196 - 10$ ist.

Der Werth von $\frac{m'}{m}$ im Coefficienten von k ist für die Pendel mit der Elfenbeinkugel, aus der specifischen Schwere der Kugel, mit Inbegriff der eingeschraubten Klemme von Messing, $= 1,79443$ berechnet worden. Er ist also

$$= \frac{\alpha\beta}{(1 + \tau \,.\, 0,0001614)\,(1 + l' \,.\, 0,00375)}$$

angenommen, wo

$$\alpha = \frac{1}{337,006 \,.\, 770,488 \,.\, 1,79443}\,;\quad \log \alpha = 4,33167 - 10$$

ist.

16.

Um den Unterschied der Längen der einfachen und der zusammengesetzten gleichzeitig schwingenden Pendel des Apparats berechnen zu können, ist eine genaue Kenntnifs der Gewichte beider Fäden nothwendig,

weshalb ich nicht unbemerkt lassen zu dürfen glaube, dafs ich die Abwiegungen derselben so vorsichtig als es mir möglich war, und durch verschiedene Verbindungen mit den übrigen kleinen Theilen der Pendel, gemacht habe, so dafs ich sie bis auf ein Hunderttheil eines Grans für sicher halte. Obgleich ich aber auch bei dem Gewichte der Kugel die Hunderttheile des Grans angegeben habe, so ist dasselbe doch weniger sicher, vielleicht nur bis auf zwei bis drei Zehntel eines Grans, welche Unsicherheit aber auf die Reduction der Beobachtungen keinen merklichen Einflufs hat.

Die kleinen Körper womit die Pendel belastet sind, könnten geradezu als Punkte angenommen werden, und der Halbmesser der Kugel darf nur genähert bekannt sein, so weit als es nöthig ist um die Entfernung der Mittelpunkte der Figur und der Schwingung, mit der erforderlichen Genauigkeit berechnen zu können. Genauer als zu diesem Zwecke nothwendig, hat ihn die Abwägung der Kugeln in Luft und in Wasser gegeben, wodurch man das Gewicht des gleichen Raums Wasser erhält, aus welchem der Halbmesser der Kugeln abgeleitet werden kann, da der Raum welchen ein gegebenes Gewicht Wasser einnimmt, durch das Kilogramm bekannt ist. Die Momente der Trägheit der kleinen, an den Pendeln befindlichen Körper aber, habe ich aus ihren Figuren und Gewichten abgeleitet; sie sind genau genug, da man sie hätte ganz vernachläfsigen können.

Diese Abwiegungen, so wie die Angabe aller, zur Berechnung der Reduction der zusammengesetzten auf die einfachen Pendel nöthigen Abmessungen, habe ich in der VII^{ten} Beilage mitgetheilt. Es geht aus derselben Beilage hervor, dafs die Verbesserung der Pendellänge, welche aus der Drehung der Kugel um den Punkt wo sie an dem Faden befestigt ist, entsteht, und auf welche Laplace aufmerksam gemacht hat, für meinen Apparat nicht ganz unmerklich ist; sie wurde daher mit in Rechnung gebracht.

Die Berechnung des Einflusses der Zusammensetzung der Pendel setzt die Fäden als gleichförmig voraus. Soviel ich weifs ist bisher nicht näher untersucht worden, welchen Einflufs ihre Ungleichförmigkeit haben kann; ich habe daher diese Untersuchung in der VIII^{ten} Beilage gemacht und das Resultat erhalten, dafs man die Ungleichheiten nicht fürchten darf, dafs aber durch das Umkehren der Fäden, selbst wenn sie sehr ungleich wären, nichts erhebliches gewonnen werden würde.

17.

Nachdem, durch das Vorhergehende die Art wie die Beobachtungen gemacht und berechnet wurden, erläutert worden ist, werde ich die Versuche selbst näher angeben können.

Die erste Reihe von Versuchen wurde im April, Mai und Juni 1826 gemacht. Sie besteht aus acht von einander unabhängigen Bestimmungen, deren jede vier Versuche mit dem langen Pendel, und zwei mit dem kurzen enthält. Bei jeder dieser Bestimmungen, ist der 1te Versuch (*a*) mit dem langen Pendel und rechts gewandten Fühlhebel, der 2te (*b*) gleichfalls mit dem langen Pendel, umgekehrten Faden und links gewandten Fühlhebel gemacht; der 3te und 4te Versuch (*c*) und (*d*) sind mit dem kurzen Pendel, (*c*) mit rechts, (*d*) mit links gewandtem Fühlhebel angestellt, (*d*) mit umgekehrtem Faden; der 5te und 6te Versuch (*e*) und (*f*) endlich, sind wie (*a*) und (*b*) gemacht, mit dem Unterschiede, dafs der zwischen diesen umgekehrte Faden bei (*e*) umgekehrt blieb und erst bei (*f*) wieder in dieselbe Lage kam die er bei dem Versuche (*a*) hatte. Zwischen solchen sechs zusammen gehörigen Versuchen ist die obere Befestigung des Messingblättchens immer völlig ungeändert geblieben, so dafs bei allen genau dieselbe Stelle desselben den Abwickelungs-Cylinder berührte. Vor dem Anfange einer neuen Bestimmung aber habe ich das Messingblättchen, durch die Schraube am Aufhängungsrahmen, meistens etwas verkürzt oder verlängert. — Dafs zu einer vollständigen Messung der Höhe der Kugel, die Umwendung des Fühlhebels nothwendig ist, habe ich schon im 8ten Art. bemerkt; ich habe aber vorgezogen, sie nicht bei jedem Versuche vorzunehmen, sondern dagegen zwei aufeinander folgende Versuche bei entgegengesetzten Wendungen zu machen. Der Grund hiervon ist, dafs das Umwenden nicht geschehen kann ohne das Gehäuse zu öffnen, wodurch eine Änderung der Temperatur hätte entstehen, und die Messungen unsicher machen können. Doch habe ich, durch mehrere, schnell nacheinander wiederholte Umwendungen, zwischen jedem der Paare *ab*, *cd*, *ef* der Versuche, den sehr kleinen Unterschied der Höhen, welchen der Fühlhebel in beiden Wendungen angab, der Wahrheit nahe bestimmt und durch die Hälfte davon, mit gehörigem Zeichen genommen, die einzelnen Versuche verbessert. Dieses hat auf

das Resultat jedes Paars der Versuche keinen Einfluſs und ist nur geschehen, damit die Abweichung der einzelnen Versuche voneinander, unmittelbar vor Augen liegen sollte. Dabei daſs ich zwei Versuche mit dem langen Pendel, vor und nach zweien mit dem kurzen machte, beabsichtigte ich, der Voraussetzung der Unveränderlichkeit von F während einer Bestimmung, weniger Einfluſs auf das Resultat einzuräumen. Daſs mit dem langen Pendel eine doppelt so groſse Anzahl von Versuchen gemacht ist, wie mit dem kurzen, hat seinen Grund in dem ungleichen Einflusse, welchen die Beobachtungsfehler auf die Bestimmung von F, bei beiden Pendeln äuſsern.

Die Resultate dieser Reihe von Versuchen, deren Originale dieser Abhandlung beigelegt sind, sind folgende:

1te Bestimmung.

Versuch *a.*	$F = 442^L,5845 + 2,9604 . \varepsilon - 0,2040 . k$
b.	$442,5855 + 2,9604 . \varepsilon - 0,2028 . k$
e.	$442,5711 + 2,9605 . \varepsilon - 0,2012 . k$
f.	$442,5886 + 2,9606 . \varepsilon - 0,2007 . k$
Mittel	$442,5824 + 2,9605 . \varepsilon - 0,2022 . k$
Versuch *c.*	$F = 442,4687 + 1,0011 . \varepsilon - 0,0685 . k$
d.	$442,4601 + 1,0011 . \varepsilon - 0,0680 . k$
Mittel	$442,4644 + 1,0011 . \varepsilon - 0,0683 . k$

$$\varepsilon = - 0^L,0602 + 0^L,0683 . k$$

2te Bestimmung.

Versuch *a.*	$F = 442,5793 + 2,9607 . \varepsilon - 0,2052 . k$
b.	$442,5812 + 2,9608 . \varepsilon - 0,2050 . k$
e.	$442,5960 + 2,9608 . \varepsilon - 0,2062 . k$
f.	$442,5903 + 2,9608 . \varepsilon - 0,2059 . k$
Mittel	$442,5867 + 2,9608 . \varepsilon - 0,2056 . k$
Versuch *c.*	$F = 442,4740 + 1,0014 . \varepsilon - 0,0697 . k$
d.	$442,4713 + 1,0014 . \varepsilon - 0,0696 . k$
Mittel	$442,4727 + 1,0014 . \varepsilon - 0,0696 . k$

$$\varepsilon = - 0,0582 + 0,0694 . k$$

F 2

3^te Bestimmung.

Versuch *a*. $F = 442^{L},5912 + 2,9615 . \varepsilon - 0,2024 . k$
b. $442,5945 + 2,9614 . \varepsilon - 0,2013 . k$
e. $442,5633 + 2,9615 . \varepsilon - 0,1976 . k$
f. $442,5784 + 2,9615 . \varepsilon - 0,1966 . k$

Mittel $442,5818 + 2,9615 . \varepsilon - 0,1995 . k$

Versuch *c*. $F = 442,4676 + 1,0020 . \varepsilon - 0,0678 . k$
d. $442,4590 + 1,0020 . \varepsilon - 0,0673 . k$

Mittel $442,4633 + 1,0020 . \varepsilon - 0,0675 . k$

$\varepsilon = - 0^{L},0605 + 0^{L},0674 . k$

4^te Bestimmung.

Versuch *a*. $F = 442,5626 + 2,9615 . \varepsilon - 0,1980 . k$
b. $442,5635 + 2,9615 . \varepsilon - 0,1975 . k$
e. $442,5803 + 2,9615 . \varepsilon - 0,1988 . k$
f. $442,5759 + 2,9616 . \varepsilon - 0,1982 . k$

Mittel $442,5706 + 2,9615 . \varepsilon - 0,1981 . k$

Versuch *c*. $F = 442,4566 + 1,0021 . \varepsilon - 0,0671 . k$
d. $442,4603 + 1,0020 . \varepsilon - 0,0671 . k$

Mittel $442,4584 + 1,0020 . \varepsilon - 0,0671 . k$

$\varepsilon = - 0,0573 + 0,0669 . k$

5^te Bestimmung.

Versuch *a*. $F = 442,5687 + 2,9619 . \varepsilon - 0,1925 . k$
b. $442,5607 + 2,9618 . \varepsilon - 0,1928 . k$
e. $442,5809 + 2,9618 . \varepsilon - 0,1950 . k$
f. $442,5787 + 2,9618 . \varepsilon - 0,1954 . k$

Mittel $442,5723 + 2,9618 . \varepsilon - 0,1939 . k$

Versuch *c*. $F = 442,4510 + 1,0022 . \varepsilon - 0,0635 . k$
d. $442,4584 + 1,0022 . \varepsilon - 0,0659 . k$

Mittel $442,4547 + 1,0022 . \varepsilon - 0,0656 . k$

$\varepsilon = - 0,0600 + 0,0655 . k$

6te Bestimmung.

Versuch *a*. $F = 442{,}^{L}5776 + 2{,}9618 \,.\, \varepsilon - 0{,}1911 \,.\, k$
b. $442{,}5670 + 2{,}9618 \,.\, \varepsilon - 0{,}1911 \,.\, k$
e. $442{,}5576 + 2{,}9617 \,.\, \varepsilon - 0{,}1937 \,.\, k$
f. $442{,}5752 + 2{,}9616 \,.\, \varepsilon - 0{,}1957 \,.\, k$
Mittel $442{,}5694 + 2{,}9617 \,.\, \varepsilon - 0{,}1929 \,.\, k$

Versuch *c*. $F = 442{,}4557 + 1{,}0021 \,.\, \varepsilon - 0{,}0655 \,.\, k$
d. $442{,}4544 + 1{,}0021 \,.\, \varepsilon - 0{,}0657 \,.\, k$
Mittel $442{,}4551 + 1{,}0021 \,.\, \varepsilon - 0{,}0656 \,.\, k$

→ $\varepsilon = -0{,}^{L}0583 + 0{,}^{L}0650 \,.\, k$

7te Bestimmung.

Versuch *a*. $F = 442{,}5617 + 2{,}9616 \,.\, \varepsilon - 0{,}1954 \,.\, k$
b. $442{,}5790 + 2{,}9617 \,.\, \varepsilon - 0{,}1955 \,.\, k$
e. $442{,}5732 + 2{,}9617 \,.\, \varepsilon - 0{,}1953 \,.\, k$
f. $442{,}5688 + 2{,}9617 \,.\, \varepsilon - 0{,}1949 \,.\, k$
Mittel $442{,}5707 + 2{,}9617 \,.\, \varepsilon - 0{,}1953 \,.\, k$

Versuch *c*. $F = 442{,}4563 + 1{,}0021 \,.\, \varepsilon - 0{,}0655 \,.\, k$
d. $442{,}4617 + 1{,}0021 \,.\, \varepsilon - 0{,}0654 \,.\, k$
Mittel $442{,}4590 + 1{,}0021 \,.\, \varepsilon - 0{,}0655 \,.\, k$

→ $\varepsilon = -0{,}0570 + 0{,}0662 \,.\, k$

8te Bestimmung.

Versuch *a*. $F = 442{,}5806 + 2{,}9614 \,.\, \varepsilon - 0{,}1939 \,.\, k$
b. $442{,}5778 + 2{,}9611 \,.\, \varepsilon - 0{,}1945 \,.\, k$
e. $442{,}5713 + 2{,}9614 \,.\, \varepsilon - 0{,}1928 \,.\, k$
f. $442{,}5688 + 2{,}9614 \,.\, \varepsilon - 0{,}1927 \,.\, k$
Mittel $442{,}5746 + 2{,}9614 \,.\, \varepsilon - 0{,}1935 \,.\, k$

Versuch *c*. $F = 442{,}4579 + 1{,}0017 \,.\, \varepsilon - 0{,}0655 \,.\, k$
d. $442{,}4517 + 1{,}0017 \,.\, \varepsilon - 0{,}0649 \,.\, k$
Mittel $442{,}4548 + 1{,}0017 \,.\, \varepsilon - 0{,}0652 \,.\, k$

→ $\varepsilon = -0{,}0611 + 0{,}0655 \,.\, k$

18.

Dieser Reihe von Versuchen habe ich, im April 1827, eine zweite, von drei Bestimmungen, gleichfalls mit der Kugel von Messing, hinzugefügt. Die Absicht dabei war nicht sowohl die schon erlangte Genauigkeit des Resultats zu vermehren, als das gegenseitige Verhalten dreier verschiedenen Aufhängungsarten des Pendels kennen zu lernen.

Ich wünschte nämlich, zu erfahren, welchen Einfluſs es auf den Mittelpunkt der Bewegung hat, wenn das Pendel, statt auf vorbeschriebene Art, durch Abwickelung von einem Cylinder zu schwingen, sich um eine Schneide, und an einem am oberen Ende festgeklemmten Faden bewegt. Da aber, aus dem Unterschiede der Längen beider Pendel des Apparats, worauf die Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels, nach der befolgten Methode, gegründet wird, die Einwirkung der Aufhängungsart auf den Mittelpunkt der Bewegung verschwindet, so erlangen auch diese drei neuen Bestimmungen dasselbe Recht, zum Endresultate zu stimmen, welches die früheren haben.

Die Einrichtungen zu diesen vergleichenden Versuchen der verschiedenen Aufhängungsarten, deren Ausführung ich Herrn Repsold verdanke, ist folgende. Statt des Fig. 3. Taf. II. abgebildeten Abwickelungs-Cylinders, wird ein ähnlicher, welchen die 5^te^ Figur von der Seite und die 6^te^ von oben gesehen darstellt, unter dem Aufhängungsrahmen befestigt, so daſs die durch die Axe desselben gehende Ebene, durch welche sein vorderes Ende ausgeschnitten ist, horizontal wird. Auf dieser Ebene ruhten sowohl der Abwickelungs-Cylinder, als die Schneide und die Klemme, mit welchen die Versuche von welchen hier die Rede ist, gemacht worden sind.

Der Abwickelungs-Cylinder selbst ist in der 7^ten^ Fig. dargestellt; er hat $0,^{L}996$ Durchmesser. Bei seinem Gebrauche liegt er auf der Ebene und wird, von dem durch das Gewicht der Pendelkugel angespannten Messingblättchen, für welches der in beiden Figuren 5 und 6 sichtbare Einschnitt der Ebene gemacht ist, an die beiden, über diese Ebene hervorragenden Schraubenköpfe angedrückt, wodurch er seine feste Lage erhält. Die Schneide ist Fig. 8. gezeichnet; Herr Repsold hat ihr, wie aus der Abbildung hervorgeht, die schöne Einrichtung gegeben, daſs man, durch kleine Gegengewichte an zwei horizontalen Armen, ihren Schwerpunkt genau unter

den Aufhängepunkt bringen kann, so dafs sie vertikal hängt; das Gegengewicht am dritten, verticalen Arme dient, ihr eine beliebige Schwingungszeit zu geben; sie ist vom feinsten Stahl gemacht und ausgezeichnet schön angeschliffen. Die Klemme endlich, Fig. 9, besteht aus zwei Stahlstücken, welche durch zwei Schrauben zusammengeprefst werden und dann so genau schliefsen, dafs man die Trennungslinie beider Stücke nicht sehen kann. Auch diese Klemme, in welcher ein Messingblättchen befestigt wird, liegt bei dem Gebrauch auf der horizontalen Ebene, und das Messingblättchen, woran das Pendel, auf dieselbe Art wie bei dem Gebrauche des Abwickelungs-Cylinders, befestigt wird, hat in dem Einschnitte der Ebene freien Spielraum.

Aus dieser Beschreibung der Einrichtung geht hervor, dafs die Aufhängepunkte der Pendel an der Schneide und Klemme gleich hoch, allein $0,^{L}498$ niedriger sind als am Abwickelungs-Cylinder. Versuche mit den drei Pendeln mufsten also zeigen, ob die Verschiedenheit der Aufhängungsarten, Einflufs auf den Mittelpunkt der Bewegung hatte. Damit dieses aus den Versuchen desto sicherer hervorgehen sollte, habe ich dieselben so angeordnet, dafs die drei Aufhängungsarten stets miteinander abwechselten, und auf diese Art die drei neuen Bestimmungen nicht eine nach der anderen, sondern alle gleichzeitig gemacht wurden. Die erste derselben, oder die 9te nach fortgehender Zählung, ist mit der Schneide, die 10te mit der Klemme, die 11te mit dem Abwickelungs-Cylinder gemacht; jede enthält 6 Versuche, nämlich (*a*) mit dem langen Pendel, (*b*) mit dem kurzen und rechts gewandten Fühlhebel, (*c*) mit dem ersteren und links gewandten Fühlhebel; dann mit umgekehrten Fäden, (*d*) mit dem langen, (*e*) mit dem kurzen Pendel und links gewandten Fühlhebel, endlich (*f*) mit dem ersteren und wieder rechts stehenden Fühlhebel. Alle diese Versuche sind mit denselben Fäden gemacht; die näheren Angaben der einzelnen Theile der Pendel und die Berechnung ihrer Zusammensetzung, findet man in der VIIten Beilage.

Die Beobachtungen in ihrer ursprünglichen Form, sind, so wie die früheren, dieser Abhandlung beigelegt. Ihre Resultate sind folgende:

9te Bestimmung. Schneide.

Versuch *a.*	$F = 442^{L},6485 + 2,9606 \,.\, \varepsilon - 0,2024 \,.\, k$	
c.	$442,6460 + 2,9606 \,.\, \varepsilon - 0,2046 \,.\, k$	
d.	$442,6534 + 2,9606 \,.\, \varepsilon - 0,2056 \,.\, k$	
f.	$442,6501 + 2,9607 \,.\, \varepsilon - 0,2010 \,.\, k$	
Mittel	$442,6495 + 2,9606 \,.\, \varepsilon - 0,2034 \,.\, k$	$\varepsilon = - 0^{L},0592 + 0^{L},0686 \,.\, k$
Versuch *b.*	$F = 442,5336 + 1,0012 \,.\, \varepsilon - 0,0687 \,.\, k$	
e.	$442,5334 + 1,0012 \,.\, \varepsilon - 0,0692 \,.\, k$	
Mittel	$442,5335 + 1,0012 \,.\, \varepsilon - 0,0690 \,.\, k$	

10te Bestimmung. Klemme.

Versuch *a.*	$F = 442,6069 + 2,9607 \,.\, \varepsilon - 0,2022 \,.\, k$	
c.	$442,6229 + 2,9607 \,.\, \varepsilon - 0,2045 \,.\, k$	
d.	$442,6141 + 2,9606 \,.\, \varepsilon - 0,2071 \,.\, k$	
f.	$442,6220 + 2,9610 \,.\, \varepsilon - 0,2000 \,.\, k$	
Mittel	$442,6165 + 2,9608 \,.\, \varepsilon - 0,2035 \,.\, k$	$\varepsilon = - 0,0604 + 0,0687 \,.\, k$
Versuch *b.*	$F = 442,4964 + 1,0012 \,.\, \varepsilon - 0,0687 \,.\, k$	
e.	$442,4998 + 1,0013 \,.\, \varepsilon - 0,0689 \,.\, k$	
Mittel	$442,4981 + 1,0013 \,.\, \varepsilon - 0,0688 \,.\, k$	

11te Bestimmung. Abwickelungs-Cylinder.

Versuch *a.*	$F = 443,1011 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,2036 \,.\, k$	
c.	$443,1058 + 2,9615 \,.\, \varepsilon - 0,2055 \,.\, k$	
d.	$443,1159 + 2,9616 \,.\, \varepsilon - 0,2066 \,.\, k$	
f.	$443,1133 + 2,9618 \,.\, \varepsilon - 0,2007 \,.\, k$	
Mittel	$443,1090 + 2,9616 \,.\, \varepsilon - 0,2041 \,.\, k$	$\varepsilon = - 0,0571 + 0,0692 \,.\, k$
Versuch *b.*	$F = 442,9973 + 1,0022 \,.\, \varepsilon - 0,0686 \,.\, k$	
e.	$442,9971 + 1,0022 \,.\, \varepsilon - 0,0686 \,.\, k$	
Mittel	$442,9972 + 1,0022 \,.\, \varepsilon - 0,0686 \,.\, k$	

Da der Einflufs des noch unbekannten Coefficienten *k*, auf alle drei Bestimmungen sehr nahe gleich ist, so kann man schon beurtheilen, dafs sie im Endresultate, bis auf unerhebliche Kleinigkeiten, untereinander, und eben so mit den früheren acht, übereinstimmen. Die Werthe von *F* aber, welche sie ergeben, sind für

die Schneide $442,^L 4742 - 0,^L 0003 . k$
die Klemme 442, 4376
den Abwickelungs-Cylinder $442,9400 + 0,0007 . k$

Zieht man von dem letzten Resultate den Halbmesser des Abwickelungs-Cylinders $= 0,^L 498$ ab, so bleibt derjenige Werth von *F* übrig, welchen man erhalten haben würde, wenn die Axe des Abwickelungs-Cylinders sich in derselben Ebene befunden hätte, in welcher die beiden anderen Aufhängungspunkte lagen; er ist $= 442,^L 4420$. Dafs die beiden letzten, ziemlich nahe übereinstimmenden Werthe von *F*, von dem ersten verschieden sind, zeigt dafs die Schneide den Mittelpunkt der Bewegung merklich höher ergiebt als die beiden anderen Aufhängungsarten. Eine weitere Erläuterung dieses Gegenstandes werde ich in dem zweiten Abschnitte geben; hier verweile ich nicht länger dabei, da sie auf das Resultat keinen Einflufs hat.

19.

Die dritte Reihe von Versuchen machte ich im November 1827, mit der Kugel von Elfenbein. Sie besteht aus vier Bestimmungen, bei deren jeder sowohl der Fühlhebel umgewandt, als auch die Fäden umgekehrt wurden. Bei den beiden ersten wurde das Pendel am Abwickelungs-Cylinder aufgehängt, bei den beiden letzten an der Schneide. Da diese Kugel weit weniger wiegt als die Kugel von Messing und beide dieselbe Gröfse haben, so ist die Einwirkung des Widerstandes auf die Schwingungswinkel für dieselbe weit gröfser als für die letztere. Die Versuche mufsten daher weit früher geschlossen werden, als die vorigen; dieses theils, weil bei dem langen Pendel, die Grenzen innerhalb welchen das Weifse durch den Coincidenz-Cylinder ganz verdeckt wird (Art. 5.), für kleine Schwingungen zu weit werden, theils aber auch weil es wesentlich war, alle Versuche mit

nahe gleichen Schwingungswinkeln anzufangen und zu endigen. Aus diesen Gründen umfassen die Versuche mit dem langen Pendel nur 1000 Schwingungen, die mit dem kurzen etwa 2500, welches letztere völlig hinreichend ist, jedem einzelnen Resultate alle wünschenswerthe Genauigkeit zu geben; bei dem langen Pendel ist dieses nicht so der Fall, allein es blieb nichts anders übrig als die Versuche zu wiederholen, um dadurch zu ersetzen was jedem einzelnen an Genauigkeit abgeht. Ferner mufs ich bemerken, dafs, um die Unsicherheit zu vermeiden, welche aus den Veränderungen des bekanntlich sehr hygroscopischen Elfenbeins, im Halbmesser der Kugel entstehen kann, stets zwei zusammengehörige Versuche unmittelbar nacheinander gemacht wurden, so dafs auf einen Versuch mit dem langen Pendel, sogleich einer mit dem kurzen folgt. Die um die Zeit dieser Versuche sehr gleichförmige Temperatur der Sternwarte, begünstigte diese Anordnung, indem sie unnöthig machte, zwischen dem Öffnen des Gehäuses und den Versuchen, eine lange Zeit verstreichen zu lassen. Jede Bestimmung enthält also vier Versuche mit jedem Pendel, deren zusammengehörige ich durch gleiche Buchstaben *a a′ b b′*, ... bezeichnet habe. Wegen der Zusammensetzung der Pendel mit der Kugel von Elfenbein, verweise ich auf die VII[te] Beilage. Die Resultate der vier damit gemachten Bestimmungen, sind folgende:

12[te] Bestimmung. Abwickelungs-Cylinder.

Versuch *a*.	$F = 443{,}^L7439 + 2{,}9607 \cdot \varepsilon - 0{,}9145 \cdot k$	
b	$443{,}6964 + 2{,}9607 \cdot \varepsilon - 0{,}9113 \cdot k$	
c	$443{,}7078 + 2{,}9605 \cdot \varepsilon - 0{,}9097 \cdot k$	
d	$443{,}7147 + 2{,}9607 \cdot \varepsilon - 0{,}9131 \cdot k$	
Mittel	$443{,}7157 + 2{,}9607 \cdot \varepsilon - 0{,}9122 \cdot k$	$\varepsilon = -0{,}^L2867 + 0{,}^L3083 \cdot k$
Versuch *a′*.	$F = 443{,}1554 + 1{,}0010 \cdot \varepsilon - 0{,}3088 \cdot k$	
b′	$443{,}1483 + 1{,}0010 \cdot \varepsilon - 0{,}3079 \cdot k$	
c′	$443{,}1567 + 1{,}0011 \cdot \varepsilon - 0{,}3072 \cdot k$	
d′	$443{,}1550 + 1{,}0011 \cdot \varepsilon - 0{,}3085 \cdot k$	
Mittel	$443{,}1539 + 1{,}0011 \cdot \varepsilon - 0{,}3081 \cdot k$	

13te Bestimmung. Abwickelungs-Cylinder.

Versuch *a*.	$F = 443{,}^{L}7347 + 2{,}9606\,.\,\varepsilon - 0{,}9147\,.\,k$	
b.	$443{,}7236 + 2{,}9606\,.\,\varepsilon - 0{,}9187\,.\,k$	
c.	$443{,}7208 + 2{,}9606\,.\,\varepsilon - 0{,}9185\,.\,k$	
d.	$443{,}7304 + 2{,}9604\,.\,\varepsilon - 0{,}9191\,.\,k$	
Mittel	$443{,}7274 + 2{,}9606\,.\,\varepsilon - 0{,}9178\,.\,k$	$\varepsilon = -\,0{,}^{L}2932 + 0{,}^{L}3103\,.\,k$
Versuch *a'*.	$F = 443{,}1552 + 1{,}0009\,.\,\varepsilon - 0{,}3085\,.\,k$	
b'.	$443{,}1646 + 1{,}0009\,.\,\varepsilon - 0{,}3103\,.\,k$	
c'.	$443{,}1540 + 1{,}0013\,.\,\varepsilon - 0{,}3101\,.\,k$	
d'.	$443{,}1374 + 1{,}0009\,.\,\varepsilon - 0{,}3102\,.\,k$	
Mittel	$443{,}1528 + 1{,}0010\,.\,\varepsilon - 0{,}3098\,.\,k$	

14te Bestimmung. Schneide.

Versuch *a*.	$F = 443{,}2804 + 2{,}9609\,.\,\varepsilon - 0{,}9357\,.\,k$	
b.	$443{,}2942 + 2{,}9607\,.\,\varepsilon - 0{,}9478\,.\,k$	
c.	$443{,}2841 + 2{,}9607\,.\,\varepsilon - 0{,}9477\,.\,k$	
d.	$443{,}3006 + 2{,}9608\,.\,\varepsilon - 0{,}9360\,.\,k$	
Mittel	$443{,}2898 + 2{,}9608\,.\,\varepsilon - 0{,}9418\,.\,k$	$\varepsilon = -\,0{,}2983 + 0{,}3182\,.\,k$
Versuch *a'*.	$F = 442{,}7105 + 1{,}0009\,.\,\varepsilon - 0{,}3168\,.\,k$	
b'.	$442{,}7126 + 1{,}0009\,.\,\varepsilon - 0{,}3202\,.\,k$	
c'.	$442{,}7058 + 1{,}0009\,.\,\varepsilon - 0{,}3199\,.\,k$	
d'.	$442{,}6915 + 1{,}0008\,.\,\varepsilon - 0{,}3158\,.\,k$	
Mittel	$442{,}7051 + 1{,}0009\,.\,\varepsilon - 0{,}3182\,.\,k$	

15te Bestimmung. Schneide.

Versuch *a*.	$F = 443{,}2508 + 2{,}9607\,.\,\varepsilon - 0{,}9320\,.\,k$	
b.	$443{,}2724 + 2{,}9607\,.\,\varepsilon - 0{,}9319\,.\,k$	
c.	$443{,}2730 + 2{,}9608\,.\,\varepsilon - 0{,}9342\,.\,k$	
d.	$443{,}2921 + 2{,}9608\,.\,\varepsilon - 0{,}9341\,.\,k$	
Mittel	$443{,}2721 + 2{,}9608\,.\,\varepsilon - 0{,}9331\,.\,k$	$\varepsilon = -\,0{,}2875 + 0{,}3153\,.\,k$
Versuch *a'*.	$F = 442{,}7116 + 1{,}0010\,.\,\varepsilon - 0{,}3149\,.\,k$	
b'.	$442{,}7129 + 1{,}0008\,.\,\varepsilon - 0{,}3149\,.\,k$	
c'.	$442{,}7082 + 1{,}0008\,.\,\varepsilon - 0{,}3154\,.\,k$	
d'.	$442{,}7020 + 1{,}0008\,.\,\varepsilon - 0{,}3156\,.\,k$	
Mittel	$442{,}7087 + 1{,}0009\,.\,\varepsilon - 0{,}3152\,.\,k$	

Der Werth von F welchen diese vier Bestimmungen ergeben, ist für

den Abwickelungs-Cylinder.... $442{,}^{L}8631 + 0{,}^{L}0007 . k$
die Schneide $442{,}4109 + 0{,}0003 . k$

Zwischen beiden ist der Unterschied $= 0{,}^{L}4522 + 0{,}^{L}0004\,k$; die beiden Bestimmungen im 18ten Art. ergaben denselben $= 0{,}^{L}4658 + 0{,}^{L}0010\,k$. Es scheint nicht nothwendig zu sein, dafs Versuche mit schwereren und leichteren Pendeln, bei welchen das Messingblättchen mit verschiedener Kraft an den Abwickelungs-Cylinder angedrückt wird, in dem Unterschiede der Mittelpunkte der Bewegung beider Aufhängungsarten, völlig übereinstimmen. Das leichtere Pendel mit der Kugel von Elfenbein, hat übrigens, so wie das schwerere, ergeben, dafs der Mittelpunkt der Bewegung bei der Schneide höher liegt als bei dem Abwickelungs-Cylinder; hier ist der Unterschied $0{,}^{L}045$, bei dem anderen Pendel $0{,}^{L}032$ gefunden.

20.

Die in den drei letzten Artikeln mitgetheilten Resultate, sind aus den Beobachtungen unter der Voraussetzung berechnet, dafs der durch k bezeichnete, von der Bewegung der Luft abhängige Coefficient, für alle Schwingungswinkel bei welchen beobachtet worden ist, denselben Werth besitzt. Ob dieses wirklich der Fall ist, erlaubt die, der Berechnung der Versuche gegebene Form, leicht zu prüfen. Man darf nur die mittleren Fehler in der „Rechnung" überschriebenen Columne (Art. 12.), für jedes einzelne Moment der Versuche, durch die ganze Reihe derselben hindurch, aufsuchen, um dadurch sogleich beurtheilen zu können, ob nur zufällige Fehler, oder gesetzmäfsig fortgehende Abweichungen der der Rechnung zum Grunde gelegten Formel von den Beobachtungen, vorhanden sind.

Diese mittleren Fehler aus allen ähnlichen Versuchen, findet man folgendermafsen:

1) 44 Versuche mit der Kugel von Messing und dem langen Pendel.

1tes Moment	$- 0{,}''0010$
2tes ———	$- 0{,}0014$
3tes ———	$+ 0{,}0008$
4tes ———	$+ 0{,}0012$

5tes Moment	+ 0,″ 0010
6tes ———	+ 0, 0011
7tes ———	+ 0, 0001
8tes ———	— 0, 0007
9tes ———	— 0, 0011

2) 22 Versuche mit der Kugel von Messing und dem kurzen Pendel.

1tes Moment	+ 0,″ 0005
2tes ———	+ 0, 0005
3tes ———	— 0, 0003
4tes ———	— 0, 0005
5tes ———	— 0, 0007
6tes ———	— 0, 0003
7tes ———	+ 0, 0005
8tes ———	+ 0, 0004
9tes ———	— 0, 0005
10tes ———	0, 0000
11tes ———	+ 0, 0004

3) 16 Versuche mit der Kugel von Elfenbein und dem langen Pendel.

1tes Moment	— 0,″ 0015
2tes ———	+ 0, 0030
3tes ———	— 0, 0015

4) 16 Versuche mit der Kugel von Elfenbein und dem kurzen Pendel.

1tes Moment	— 0,″ 0017
2tes ———	+ 0, 0012
3tes ———	+ 0, 0016
4tes ———	0, 0000
5tes ———	— 0, 0011

Man sieht hieraus daſs am Anfange und am Ende der Versuche kleine negative Abweichungen, in der Mitte ähnliche positive, vorherrschen, welche zwar weit kleiner sind als die möglichen Fehler der Coincidenzen, aber doch durch die Wiederholung der Versuche und durch ihren regelmäſsigen Gang,

ein gewisses Gewicht erlangen; selbst das entgegengesetzte Resultat der Versuche mit der Messingkugel am kurzen Pendel, schwächt die Annahme, dafs die Abweichungen die angegebene Regel befolgen, nicht so sehr als es auf den ersten Blick scheint; denn bei den Versuchen mit dieser Kugel müssen sie, im Fall sie wirklich von der Luft herrühren, nur $\frac{2}{9}$ der Gröfse haben welche sie bei der Kugel von Elfenbein erreichen. Da überdiefs die gröfseren Abweichungen bei den Versuchen mit der letzten Kugel vorkommen, so kann man annehmen, dafs alle Beobachtungen zusammengenommen, einen kleinen Einflufs des Schwingungswinkels auf den Werth des Coefficienten k wahrscheinlich machen. Dieses angenommen, so folgt daraus, dafs indem am Anfange die Schwingungszeit etwas kleiner, am Ende etwas gröfser beobachtet als berechnet ist, der Coefficient k mit abnehmenden Schwingungswinkeln zunimmt.

Um das Mittel der Beobachtungen vollständiger darzustellen, müfste man die Reductionsformel auf unendlich kleine Winkel etwas ändern, wodurch man Schwingungszeiten für diese, gröfser herausbringen würde als sie berechnet worden sind. Allein es ist leicht zu übersehen, dafs dieses auf das Endresultat keinen Einflufs haben kann: denn, da alle Versuche bei nahe gleichen Winkeln gemacht sind, und die Änderung für beide Kugeln in demselben Verhältnisse ist, in welchem die ihnen zukommenden Coefficienten von k sind, so mufs sie, wenn man k selbst aus dem Resultate eliminirt, zugleich mit verschwinden. Die Resultate bedürfen daher keiner Verbesserung.

21.

Das arithmetische Mittel aus den 11 Bestimmungen mit der Kugel von Messing ist:

$$\varepsilon = -0,^{L}05903 + 0,^{L}06734 \,.\, k$$

aus den 4 Bestimmungen mit der Kugel von Elfenbein:

$$\varepsilon = -0,^{L}29143 + 0,^{L}31303 \,.\, k.$$

Aus der Vergleichung beider folgt:

$$k = 0,9459.$$

$$\varepsilon = +0,^{L}0047$$

oder die Länge des einfachen Secundenpendels für die Königsberger Sternwarte:

440,8147 Linien.

Substituirt man den gefundenen Werth von *k* in die durch die einzelnen Bestimmungen gegebenen Bedingungsgleichungen, so erhält man, aus jeder derselben, die Länge des einfachen Secundenpendels:

Beobachtungen mit der Kugel von Messing.

		Unterschied vom Mittel.	Temperatur der Toise.
			c
1te Bestimmung	440,L 8144	— 0,L 0003	+ 5°,88
2te	8174	+ 0, 0027	5, 06
3te	8133	— 0, 0014	9, 00
4te	8160	+ 0, 0013	11, 43
5te	8120	— 0, 0027	18, 54
6te	8132	— 0, 0015	19, 45
7te	8156	+ 0, 0009	18, 20
8te	8109	— 0, 0038	21, 88
9te	8157	+ 0, 0010	5, 50
10te	8146	— 0, 0001	6, 04
11te	8184	+ 0, 0037	5, 94

Beobachtungen mit der Kugel von Elfenbein.

		Unterschied vom Mittel.	Temperatur der Toise.
			c
12te Bestimmung	440,L 8149	+ 0,L 0002	+ 5°,00
13te	8103	— 0, 0044	3, 83
14te	8127	— 0, 0020	3, 12
15te	8207	+ 0, 0060	4, 09

Die Höhe in welcher die Kugel des Pendels sich befand, ist einen Fuſs über dem Fuſsboden der Sternwarte, oder 67, 2 Fuſs = 11, 2 Toisen über dem mittleren Wasserstande des Pregels, welches als die Höhe über der Fläche der Ostsee angesehen werden kann, da der Strom kein erhebliches Gefälle hat.

Die dieser Höhe zukommende Verminderung der Pendellänge ist $0,^{L}0032$. Man hat daher die Länge des einfachen Secundenpendels auf die Oberfläche der Ostsee reducirt:

$$= 440,8179 \text{ Linien.}$$

22.

Über den wahrscheinlichen Fehler dieses Resultats wage ich keine Meinung zu äufsern, indem man zwar wohl den Einflufs einzelner Fehlerursachen schätzen kann, allein dadurch selten ein richtiges Urtheil über das Resultat einer zusammengesetzten Operation erhält. Einzelne Ursachen werde ich etwas näher betrachten.

Der Einflufs der zufälligen Fehler der Vergleichungen des Pendels mit der Uhr, ergiebt, nach den im 5[ten] Art. vorkommenden Angaben, den mittleren Fehler der aus jedem Versuche abgeleiteten Schwingungszeit:

$$\text{Kugel von Messing}\,..\left\{\begin{array}{l}\text{langes Pendel}\;....\;0,''00000111\\ \text{kurzes ——}\;....\;0,00000033\end{array}\right.$$

$$\text{Kugel von Elfenbein}\left\{\begin{array}{l}\text{langes Pendel}\;....\;0,00000609\\ \text{kurzes ——}\;....\;0,00000105\end{array}\right.$$

Hieraus folgt der mittlere Fehler der Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels:

$$\text{Kugel von Messing}\,..\left\{\begin{array}{l}\text{langes Pendel}\;....\;0,^{L}00168\\ \text{kurzes ——}\;....\;0,00029\end{array}\right.$$

$$\text{Kugel von Elfenbein}\left\{\begin{array}{l}\text{langes Pendel}\;....\;0,00923\\ \text{kurzes ——}\;....\;0,00093\end{array}\right.$$

und der mittlere Fehler des aus jeder Bestimmung abgeleiteten Werths von ε, für die Messingkugel $= 0,^{L}00044$, für die Efenbeinkugel $= 0,^{L}00237$. Das mittlere Resultat der 11 ersten Bestimmungen hat also den mittleren Fehler $0,^{L}00013$, das der vier letzten $0,^{L}00119$; der aus dieser Ursache hervorgehende mittlere Fehler des Endresultats, nach der Elimination von k, ist $= 0,^{L}00035$.

Der Einflufs der Fehler der Vergleichungen der beiden Uhren ist schwer zu schätzen, weil die Abweichungen der beobachteten Coincidenzen derselben, nicht von den Beobachtungsfehlern allein, sondern auch von den Ungleichheiten im Gange der Uhren, namentlich der vor dem Pendelap-

parate aufgestellten herrühren. Dasselbe gilt von dem Einflusse der Fehler der astronomischen Beobachtungen auf den Gang der Hauptuhr. Allein es ist nicht wahrscheinlich, dafs diese Ursachen im Endresultate, welches auf vielen von einander unabhängigen Zeitbestimmungen beruht, einen einigermafsen erheblichen Einflufs behalten haben; denn der mittlere Fehler jeder einzelnen ist, wenn er sich auch nicht bestimmt angeben läfst, ohne Zweifel sehr klein. Für noch kleiner, und sogar für ganz unmerklich halte ich den Einflufs der Fehler in der Messung der Höhenunterschiede der Kugel, indem diese sich wirklich mit bewundernswürdiger Genauigkeit ausführen läfst.

Dagegen glaube ich, dafs man noch besser übereinstimmende Beobachtungen erhalten haben würde, wenn die vor dem Pendelapparate aufgestellte Uhr nicht oft, im Laufe eines Tages, ihren Gang merklich geändert hätte, so dafs der Werth ihrer Pendelschläge, vorzüglich bei grofser Wärme, in der Zwischenzeit weniger Stunden, um mehrere Einheiten der 6ten Decimale variirte; denn man kann nicht annehmen, dafs die befolgte Regel, die Bestimmung des Ganges dieser Uhr, für das Zeitmoment zu machen, auf welches die Mitte der Versuche fällt, den Einflufs der Unregelmäfsigkeit ganz vernichtet hat. Den gröfsten Einflufs hat aber vielleicht das, zuweilen starke, Zunehmen der Temperatur mit der Höhe, welches, durch die Annahme dafs es den Höhenunterschieden selbst proportional sei, wahrscheinlich nicht ganz unschädlich geworden ist.

Indessen gehören alle diese Fehler zu den zufälligen, und ich glaube, dafs die Beobachtungen oft genug wiederholt sind um sie ziemlich unschädlich zu machen. Constant wirkende Fehler welche nicht vermieden worden wären, sind mir unbekannt, aufser der möglichen Unsicherheit in der angenommenen Wärme-Ausdehnung der Toise. Wenn man die Zusammenstellung der bei verschiedenen Temperaturen der Toise gemachten Bestimmungen, welche ich im vorigen Artikel gegeben habe, betrachtet, so sieht man, dafs durch eine von der angewandten Bordaschen verschiedene Annahme der Ausdehnung, nämlich durch 0,00001167 statt 0,0000114 für jeden Centesimalgrad des Thermometers, die Fehler noch kleiner werden würden; allein auch dieses hat keinen erheblichen Einflufs auf das Endresultat, indem die mittlere Temperatur der Versuche mit der Kugel von Messing auf 11°,54 *C.*, und mit der Kugel von Elfenbein auf 4°,01 *C.* fällt, wodurch die Temperatur der Toise, welche dem Endresultate, nach der Elimination der

unbekannten Gröfse k, zum Grunde liegt, $= 13^\circ{,}60$ wird und also nur $2^\circ{,}65$ niedriger ist als die Normaltemperatur der Toise. Unter der Voraussetzung dafs der den Pendelversuchen am besten entsprechende Werth der Ausdehnung der wahre ist, ist die Länge der Toise für $13^\circ{,}60$ um $0{,}^L00064$ zu grofs berechnet worden, also die gefundene Länge des Secundenpendels auch, und zwar um $0{,}^L0003$ zu grofs.

Zweiter Abschnitt.

Vergleichung der Bestimmung der Pendellänge für Königsberg mit anderen, und Untersuchung verschiedener, bei den Pendelversuchen zu berücksichtigender Umstände.

23.

Herr General-Lieutenant von Müffling und Herr Arago haben ein unveränderliches, von Herrn Fortin verfertigtes Pendel von Messing, im Jahre 1818, in Paris, beinahe an demselben Orte schwingen lassen, wo Borda seine, durch scharfsinnige Anordnung der Methode und durch Genauigkeit ihrer Ausführung, berühmt gewordenen Versuche machte. Dieses Pendel hatte Herr General-Lieutenant von Müffling die Güte, mir anzuvertrauen, und ich habe dadurch eine Vergleichung des Resultats von Borda, so wie des späteren der Herren Biot und Arago, mit dem meinigen, zu erhalten gesucht.

Die Beobachtungen mit diesem Pendel in Paris hat Herr Anger, nach derselben Methode welche ich bei meinen Versuchen angewandt habe, neu berechnet. Es sind 4 Reihen von Coincidenzen, deren erste und letzte Herr Arago mit beobachtete, und woraus sich die Schwingungszeiten dieses Pendels, auf unendlich kleine Winkel bezogen, folgendermafsen ergeben:

	Schwingungszeit. M. Z.	Baromet.	Thermometer.	Temperatur des Pendels.
1818 April 16	0,″9907283	0,m7432	11°,45	11°,50
17	0,9907370	0, 7379	12, 2	12, 17
18	0,9907119	0, 7394	12, 0	12, 05
18	0,9907199	0, 7406	12, 15	12, 15

Um diese Schwingungszeiten auf den leeren Raum zu reduciren, mufs man sie, nach dem 13[ten] Art., mit

$$\sqrt{\left\{\frac{\mu + ss}{s} \cdot \frac{s\left(1 - \frac{m'}{m}\right)}{\mu + \frac{m'}{m} K + ss}\right\}}$$

multipliciren, oder wenn man $(\mu + ss)\, k$ für K schreibt und das Quadrat von $\frac{m'}{m}$ vernachläfsigt, mit

$$1 - \frac{m'}{2m}(1 + k),$$

wo k also den zu diesem Pendel gehörigen unbekannten Coefficienten bezeichnet. Nimmt man das Pendel 6388 Mahl dichter an als atmosphärische Luft bei der Barometerhöhe von $0,^{m}76$ und der Temperatur des schmelzenden Eises, und die Ausdehnung des Metalls für jeden Centesimalgrad des Thermometers $= 0,0000178$, beide nach der Mittheilung des Herrn General-Lieutenants von Müffling, so folgen die Schwingungszeiten im leeren Raume und bei der Temperatur 0°:

$$0'',9905543 - 0,0000726 . k$$
$$0,9905578 - 0,0000719 . k$$
$$0,9905336 - 0,0000721 . k$$
$$0,9905406 - 0,0000722 . k$$

Die Gewichte dieser Versuche, welche verschiedene Anzahlen von Coïncidenzen, nicht in ununterbrochener Reihe, enthalten, sind den Zahlen

181, 428, 62, 88,

proportional: mit Berücksichtigung derselben ist das mittlere Resultat:

$$0'',9905529 - 0,0000721 . k.$$

Auf der Königsberger Sternwarte wurde dieses Pendel, unmittelbar neben dem Apparate, worauf meine Bestimmung beruht, aufgestellt. Da aber die Umstände der Pariser Aufstellung mir nicht so genau bekannt waren, dafs ich die völlige Gleichheit hätte wieder hervorbringen können, so zog ich eine Beobachtungsart vor, welche der im 5[ten] Art. beschriebenen ganz ähnlich ist, so dafs das Pendel sich, 8 Fufs von der Uhr entfernt bewegte. Auf diese Art beobachtete ich im August und September 1826, bei sehr

hoher Temperatur, 6 Reihen, jede von 21 Coincidenzen; im November, als die Temperatur weit niedriger war, ersuchte ich die Herren D. Erman und Anger, noch 6 ähnliche Versuche zu machen, so dafs das mittlere Resultat der hiesigen Beobachtungen fast genau zu der Temperatur gehört, bei welcher die Schwingungszeit in Paris bestimmt wurde. Diese 12 Versuche, geben nach der Berechnung des Herrn Anger folgende Resultate:

	Schwingungszeit. M. Z.	Baromet.	Thermometer.	Temperatur d. Pend.	Schwingungszeit im leeren Raume für 0° Temp.	Beobachter.
1826 Aug. 25	0,″9905001	339,^{L}25	+ 23,°7	21,°29	0,″9902404 — 0,0000720.k	Bessel.
25	5084	340, 56	22, 7	21, 21	2492 723.k	———
26	5061	340, 43	23, 8	21, 58	2437 722.k	———
26	5018	340, 43	21, 6	20, 80	2461 724.k	———
28	5012	338, 78	23, 3	21, 59	2391 718.k	———
Sept. 1	5053	338, 59	22, 8	21, 88	2407 717.k	———
Nov. 9	3891	332, 70	7, 7	7, 32	2503 744.k	Anger.
10	3852	332, 55	7, 1	7, 37	2458 744.k	———
11	3694	334, 50	5, 7	5, 84	2427 752.k	———
13	3643	333, 37	4, 5	4, 53	2490 754.k	Erman.
14	3554	333, 79	4, 9	4, 86	2372 754.k	———
15	3613	333, 09	4, 2	4, 39	2473 753.k	Anger.

Das mittlere Resultat ist

$$0,9902443 - 0,0000735 . k$$

und es folgt hieraus die Schwere in Königsberg, die in Paris $= 1$ gesetzt,

$$= \left\{ \frac{0,9905529 - 0,0000721 . k}{0,9902443 - 0,0000735 . k} \right\}^2 = 1,0006234 + 0,0000028 . k$$

Um auch die Schwere in London mit der in Paris zu vergleichen, habe ich die Versuche angewandt, welche die Herren Biot, Arago, und von Humboldt, mit zwei unveränderlichen Pendeln in Paris und auf der Greenwicher Sternwarte angestellt haben. Diese Versuche haben im Mittel ergeben:

		Zahl der Schwingungen in einem Tage.	Baromet.	Thermometer.	Schwingungszeit.
Pendel N°. 1	Paris.....	87671, 785	0,^{m}7568	10,°675	0,″9854938
	Greenwich	87685, 358	0, 7602	7, 975	0, 9853412
Pendel N°. 2	Paris.....	87030, 794	0, 7533	14, 505	0, 9927521
	Greenwich	87044, 195	0, 7632	8, 850	0, 9925992

Reducirt man die Schwingungszeiten auf den leeren Raum und auf die Temperatur des schmelzenden Eises, unter Anwendung derselben Zahlen für die Dichte und Ausdehnung des Pendels, welche ich oben benutzt habe, so erhält man:

$$\text{Pendel N}^\circ 1 \begin{cases} \text{Paris} \ldots\ldots 0{,}''9853265 - 0{,}0000737 \,.\, k \\ \text{Greenwich } 0{,}9851965 - 0{,}0000748 \,.\, k \end{cases}$$

$$\text{Pendel N}^\circ 2 \begin{cases} \text{Paris} \ldots\ldots 0{,}9925596 - 0{,}0000731 \,.\, k \\ \text{Greenwich } 0{,}9924456 - 0{,}0000754 \,.\, k \end{cases}$$

und hieraus die Schwere in Greenwich, die in Paris $= 1$ gesetzt

$$\text{Pendel N}^\circ 1 = 1{,}0002679 + 0{,}0000023 \,.\, k$$
$$\text{Pendel N}^\circ 2 = 1{,}0002315 + 0{,}0000047 \,.\, k$$

also das mittlere Resultat dieser Versuche:

$$= 1{,}0002497 + 0{,}0000035 \,.\, k.$$

Da die Erhöhung über der Meeresfläche, für die Sternwarte in Greenwich nicht angegeben ist, so mufs die Schwere von dort nach Herrn Katers Beobachtungsorte, ohne Rücksicht darauf übertragen werden; man erhält dadurch für den letzteren Ort

$$1{,}0002533 + 0{,}0000035 \,.\, k.$$

Aus der Verbindung beider Bestimmungen folgt die Schwere in Königsberg, die in London $= 1$ gesetzt, wenn man für alle 3 Pendel k gleich annimmt,

$$= \frac{1{,}0006234 + 0{,}0000028 \,.\, k}{1{,}0002533 + 0{,}0000035 \,.\, k} = 1{,}0003701 - 0{,}0000007 \,.\, k$$

Für das unbekannte k habe ich, indem es für ein Pendel von der Construction der verglichenen, wahrscheinlich kleiner ist als für eine Kugel, den Werth $\frac{3}{4}$ gesetzt, und dadurch die 3 beobachteten Pendellängen auf Königsberg übertragen:

	Beobachtete Pendellänge	für Königsberg.
Borda............	440,ᴸ5593	440,ᴸ8349
Biot und Arago....	440, 5674	440, 8430
Kater...........	440, 6872	440, 8501

Diese Pendellängen sind sämmtlich gröfser als die von mir bestimmte; die erste um 0,ᴸ0202; die andere um 0,ᴸ0283, die dritte um 0,ᴸ0354. Man

darf aber nicht übersehen, dafs die Richtigkeit dieser Unterschiede auf der ungeprüften Voraussetzung beruht, dafs das Pendel wodurch die Schweren in Paris und Königsberg verglichen worden sind, in der Zwischenzeit dieser Vergleichungen unverändert geblieben sei. Die Bemerkung des Herrn Sabine, welche er aus seiner grofsartigen, auf Anordnung des *Board of Longitude* ausgeführten Unternehmung gefolgert hat, dafs nämlich die auf die Meeresfläche reducirten Pendellängen, seiner Formel (*) nahe folgen, wenn die geologische Beschaffenheit der Beobachtungsörter gleich ist, könnte einiges Mistrauen gegen die Richtigkeit dieser Voraussetzung erregen. Denn da die geologische Beschaffenheit von London und Königsberg nahe gleich zu sein scheint, und die auf die Meeresfläche bezogene Pendellänge am ersteren Orte $= 440,^{L}6896$, mittelst der Sabineschen Formel auf Königsberg übertragen, $440,^{L}8117$ ergiebt, und diese um $0,^{L}0062$ kleiner ist als ich sie gefunden habe, so zeigt sich zwischen der Übertragung durch die unveränderlichen Pendel und der Formel, ein Unterschied von $0,^{L}0416$, welcher gröfser ist als ihn Herr Sabine, bei gleichen geologischen Verhältnissen irgendwo gefunden hat.

Indessen geht aus dieser Übertragung nicht der wirkliche Unterschied der früheren Bestimmungen und der neueren hervor, weil jene nicht die vollständige Reduction auf den leeren Raum erhalten haben. Für die Versuche der Französischen Geometer und Astronomen wird sich die Reduction nachholen lassen, wenn eine neue Reihe von Versuchen, mit einer leichteren Kugel von derselben Gröfse der dabei angewandten Kugel von Platina, hinzugefügt wird. Will man, um eine vorläufige Übersicht zu erhalten, denselben Werth des Coefficienten k annehmen, welchen ich für eine Kugel von gröfserem Durchmesser gefunden habe, so wird man die aus dieser Ursache entstehende Vergröfserung der in Paris bestimmten Pendellängen etwa $= 0,^{L}025$ finden, wodurch dieselben, nach der Vergleichung durch die unveränderlichen Pendel, $0,^{L}045$ und $0,^{L}053$ gröfser werden, als die in Königsberg beobachtete. Überträgt man dagegen die Pariser Pendellängen durch die Vergleichungen der unveränderlichen Pendel auf London, und von da durch die Formel auf Königsberg, so findet man das ihnen hinzuzufügende:

(*) In Pariser Linien $= 439,^{L}2975 + 2,^{L}28174$ (Sin. Polhöhe)^2

Verbesserung wegen der Luft	+ 0,ᴸ0250
Reduction auf London	+ 0, 1127
Reduction auf die Meeresfläche daselbst	+ 0, 0024
Unterschied zwischen London und Königsberg, nach Sabine's Formel	+ 0, 1221
	+ 0, 2622

und hiermit wird die erste Bestimmung für Paris 0,ᴸ0036, die andere um 0,ᴸ0117 gröſser, als in Königsberg beobachtet worden ist. Diese nahe Übereinstimmung ist jedoch nicht eher anzunehmen, als bis die Anwendbarkeit des von mir gefundenen Werths von *k*, auf eine Kugel von kleinerem Durchmesser, durch Versuche geprüft, und die Übertragung von Paris nach Königsberg durch unveränderliche Pendel bestätigt sein wird, denn die schon vorhandene ähnliche Übertragung giebt das vorher angeführte, stark abweichende Resultat.

Die Verbesserung des Katerschen Resultats nach der neuen Theorie über die Einwirkung der Luft, kann, nach unserer jetzigen Kenntniſs dieses Gegenstandes, nicht ohne neue Versuche gefunden werden. Wie man aber, bei der Anwendung eines Pendels mit reciproken Axen, diese Schwierigkeit ganz vermeiden kann, werde ich unten zeigen.

24.

Alles was ich im vorigen Art. gesagt habe, beruht auf der Ansicht welche ich über die Einwirkung der Luft aufgestellt habe. Da aber die bisherige Theorie von dem unsterblichen Newton herrührt, und spätere Geometer an ihrer Richtigkeit nicht gezweifelt haben, so hielt ich für nothwendig, die neue, ehe ich sie auf die Pendelversuche anwandte, durch Experimente zu prüfen, welche den Zweck hatten, die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Newtonschen Theorie ins Licht zu setzen. Ich lieſs daher, im October 1827, verschiedene Körper in Wasser und in Luft schwingen, und führe die Resultate davon hier an.

Es ist bekannt, daſs ein in Wasser schwingender Körper, durch den Widerstand welchen er erfährt, sehr bald zur Ruhe kömmt; aus diesem Grunde können die Beobachtungen nur geringe Genauigkeit erlangen. Allein wenn die Genauigkeit der Schwingungszeit bis auf etwa ein Tausendtheil

einer Secunde, hinreichend ist, so wird ihre Beobachtung leichter als es auf den ersten Blick erscheint. Ich habe, um Resultate von dieser Annäherung zu erhalten, zwei Verfahrungsarten brauchbar gefunden. Die erste besteht darin, daſs man die Secunden der Uhr ununterbrochen fortzählt, und z. B. bei jeder 10ten oder 12ten derselben, den Bruch der Schwingung anmerkt, welcher diesen Pendelschlägen entspricht; die ganzen Schwingungen werden später hinzugefügt. Nach der zweiten werden diejenigen Secunden der Uhr angemerkt, welche mit gerade vollendeten Schwingungen des Pendels zusammentreffen; dieses zweite Verfahren scheint den Vorzug zu verdienen, wenn die Schwingungszeiten von 1″, 2″, ... wenig verschieden sind.

Die Pendel mit welchen diese Versuche gemacht worden sind, wurden sämmtlich auſser dem Apparate aufgehängt, so daſs sie in die Mitte eines runden Wassergefäſses von 3 Fuſs Durchmesser und 10 Zoll Höhe trafen; die Schwingungswinkel fingen bei etwa 2° an, und endigten sich bei den kleinsten welche noch gehörig gesehen werden konnten.

1. Das lange Pendel mit der Kugel von Messing machte eine Schwingung in etwas weniger als 2 Secunden, weshalb ich das zweite Verfahren anwandte, und aus 2 Reihen von Schwingungen, jede 10 Mahl wiederholt, die Zeiten der Coincidenzen folgendermaſsen fand:

Coincidenz.	Secunden.	
0	0,″0	0,″0
1	22,5	21,9
2	45,5	43,6
3	65,8	66,7
4	88,9	89,3
5	112,1	111,1
6	133,5	132,9
7	153,0	153,8
8	176,5	176,1
9	198,9	198,3
10	221,3	——
11	240,9	——
12	265,6	——
13	287,1	——

Die erste Reihe giebt nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt, den wahrscheinlichsten Werth der Zwischenzeit zweier Coincidenzen

$= 22,''003$, die zweite $= 22,''033$. Das Mittel aus beiden ergiebt die Schwingungszeit des Pendels.

$$= \frac{2 \cdot 22,018}{23,018} = 1,''9131 \text{ Uhrz.} = 1,''9085 \text{ M. Z.}$$

Die Schwingungszeit desselben Pendels in der Luft war 1,″7217 M. Z.

2. Das kurze Pendel mit derselben Kugel, ergab, in 2 Reihen, jede 10 Mahl wiederholt, folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0, 00	0, 00
12	10, 82	10, 81
24	21, 63	21, 57
36	32, 44	32, 39
48	43, 26	43, 17
60	54, 10	54, 02
72	64, 89	64, 80
84	75, 69	75, 61
96	86, 53	86, 41
108	97, 28	97, 26
120	108, 10	108, 05

Aus der ersten Reihe folgt die Schwingungszeit = 1,″1100, aus der zweiten = 1,″1104; das Mittel also = 1,″1102 Uhrzeit = 1,″1078 M. Z.; in der Luft war sie = 1,″0020 M. Z.

Um diese Versuche zu berechnen hat man, wenn Δ, Δ', Δ'' die Dichtigkeiten der Pendelkugel, des Wassers und der Luft bezeichnen, und $\Delta\delta'$, $\Delta\delta''$ für Δ', Δ'' geschrieben werden, nach dem 13[ten] Art.

$$\lambda\, tt \,.\, s\, (1 - \delta') = \mu + \delta' . K + ss$$
$$\lambda\, t't' . s\, (1 - \delta'') = \mu + \delta'' . K + ss$$

Schreibt man $(\mu + ss)\, k$ für K, so folgt hieraus, unter der Voraussetzung daſs der Werth von K für Wasser und Luft gleich sei, welche, wegen der geringen Dichtigkeit der Luft, keinen bei diesen Versuchen in Betracht kommenden Fehler erzeugen kann,

$$k = \frac{tt\,(1-\delta') - t't'\,(1-\delta'')}{\delta'\, t't'\,(1-\delta'') - \delta''\, tt\,(1-\delta')}$$

Für diese beiden Versuche ist $\Delta' = 8,18955$; $\Delta' = 0,99990$; $\Delta'' = 0,00126$, und es folgt damit aus dem ersten Versuche $k = 0,648$, aus dem zweiten 0,602.

Um beide übereinstimmend zu machen, dürfte man die Schwingungszeit des kurzen Pendels in Wasser nur um 0″, 0029 vermehren, was mit den Hindernissen welche sich bei diesen Versuchen der Genauigkeit entgegensetzen, wohl vereinbar zu sein scheint.

3. An die Pendel wurde, statt der Kugel, ein hohler Cylinder von Messing, von 36 Lin. Höhe und 32 Lin. Durchmesser gehängt, welcher eben so schwer ist als die Kugel, dessen specifische Schwere aber nur 2, 0788 beträgt. Mit dem langen Pendel wurde folgendes beobachtet:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0, 00	0, 00
10	3, 52	3, 56
20	7, 10	7, 13
30	10, 66	10, 69
40	14, 20	14, 28
50	17, 81	17, 88
60	21, 36	21, 42
70	24, 95	24, 98
80	28, 51	28, 57
90	32, 10	32, 15
100	35, 66	35, 77

Hieraus folgt die Schwingungszeit = 2,″ 7947 und 2,″ 7972, im Mittel = 2,″ 7960 Uhrzeit = 2,″ 7892 M. Z.; in der Luft war sie = 1,″ 7244 M.Z.

4. Am kurzen Pendel aufgehängt, machte derselbe Hohlcylinder folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0, 00	0, 00
12	7, 27	7, 28
24	14, 60	14, 56
36	21, 88	21, 86
48	29, 21	29, 18
60	36, 56	36, 46
72	43, 84	43, 76
84	51, 17	51, 06
96	58, 50	58, 39

woraus man für die Schwingungszeit 1,″ 6406 und 1,″ 6442 erhält; im Mittel 1,″ 6424 Uhrzeit = 1,″ 6385 M. Z.; in der Luft fand ich 1,″ 0104 M. Z.

Diese beiden Versuche gaben, nach der bei den vorigen, angeführten Formel berechnet, $k = 0,747$ und $0,761$ und zeigen daher, wenn man sie

mit der vorigen Bestimmung vergleicht, einen merklichen Einfluſs der Figur des schwingenden Körpers.

5. Um diesen Einfluſs aber noch viel gröſser an den Tag zu legen, nahm ich aus dem Hohlcylinder, mit welchem die beiden vorigen Versuche gemacht worden sind, den ihn unten verschlieſsenden Boden heraus, wodurch er die specifische Schwere des Metalls selbst, etwa = 8, 3 erhielt. Wenn die Figur keinen Einfluſs hätte, so hätte der Cylinder nun nahe wie die Kugel schwingen müssen; allein er machte am langen Pendel folgende Schwingungen:

Secunden.	Schwingungen.
0	0, 00
10	3, 86
20	7, 72
30	11, 66
40	15, 52
50	19, 40
60	23, 27
70	27, 17
80	31, 05
90	34, 97
100	38, 84

woraus die Schwingungszeit = 2,″5737 Uhrzeit = 2,″5675 M. Z. folgt; in der Luft war sie = 1,″7199 M. Z.

6. Derselbe Cylinder ohne Boden, bewegte sich am kurzen Pendel folgendermaſsen:

Secunden.	Schwingungen.	
0	0, 00	0, 00
10	6, 61	6, 56
20	13, 23	13, 26
30	19, 84	19, 88
40	26, 50	26, 55

Hieraus geht die Schwingungszeit = 1,″5099 und 1,″5056 hervor; im Mittel = 1,″5078 Uhrzeit = 1,″5042 M. Z.; in der Luft war sie = 1,″0019 M. Z.

Diese beiden Versuche ergeben $k = 7,99$ und $8,21$, woraus also ein sehr groſser Einfluſs der Figur des schwingenden Körpers hervorgeht. Die

Wassertheile sind gezwungen worden, mehr Bewegung anzunehmen als in den vorigen Fällen, weil hier ein leer werdender Raum an der äufseren Seite des Cylinders, durch das Wasser im Inneren ersetzt werden mufste, oder umgekehrt.

Vergleicht man dieselben 6 Versuche mit der bisherigen Theorie, so erhält man die Schwingungszeit im Wasser $= t$, aus der in der Luft $= t'$, nach der Formel

$$t = t' \sqrt{\frac{1-\delta''}{1-\delta'}}.$$

		Rechnung.	Beobachtung.
Kugel von Messing......	langes Pendel	1,″8373	1,″9085
	kurzes ——	1, 0693	1, 1078
Hohlcylinder...........	langes ——	2, 3928	2, 7892
	kurzes ——	1, 4021	1, 6385
Hohlcylinder ohne Boden	langes ——	1, 8339	2, 5675
	kurzes ——	1, 0683	1, 5042

Man sieht also, dafs jene Theorie mit den Versuchen nicht übereinstimmt. Hätte Newton, bei den Versuchen welche er über die Abnahme der Schwingungswinkel in Wasser und Quecksilber anstellte, die Schwingungszeiten angemerkt, so hätte ihm die Unzulänglichkeit der Theorie nicht entgehen können.

Endlich liefs ich noch ein Pendel mit reciproken Axen, welches ich unten näher beschreiben werde, und welches in der Luft um beide Axen gleichzeitige Schwingungen von 1,″0002 M. Z. machte, in einem hohen Gefäfse voll Wasser, so dafs das Pendel ganz davon überdeckt wurde, schwingen. Wenn das grofse Gewicht unten war, war die Schwingungszeit = 1,″1177 M.Z., wenn es oben war = 1,″1450; die Gleichzeitigkeit der Schwingungen ging also verloren, was man auch erwarten mufste.

Vergleicht man den aus der Bewegung der Kugel von Messing in Wasser hervorgehenden Werth von k, mit dem aus der Vergleichung der Schwingungen dieser Kugel und der gleich grofsen von Elfenbein, im 21sten Art. gefolgerten, so sieht man, dafs derselbe weit kleiner ist, als der in der Luft stattfindende, etwa im Verhältnisse 2 : 3. Hieraus geht hervor, dafs man die zur Reduction der Pendelversuche nothwendige Kenntnifs von K nicht

aus Schwingungen des Pendels in einer tropfbaren Flüssigkeit ableiten darf. Auch erinnere ich, daſs das Resultat, daſs die Wirkung der Flüssigkeit nur das Moment der Trägheit vermehrt, nur für Flüssigkeiten von geringer Dichte allgemein erwiesen worden ist.

25.

Da durch das was ich im 13ten Art. gesagt habe, die Möglichkeit einer, von der bisherigen Theorie verschiedenen Einwirkung der Flüssigkeiten auf die Bewegung der Körper klar wird, und alle Versuche welche ich angeführt habe, das was die Hydrodynamik hier noch unentschieden läſst, dahin entscheiden, daſs die stets durch k bezeichnete Gröſse keinesweges unerheblich ist, so halte ich die von der bisherigen verschiedene Reduction der Pendelbeobachtungen, welche ich angewandt habe, für gerechtfertigt, und werde nun die Resultate anderer Prüfungen angeben, welche ich über die Bewegung der Pendel vorgenommen habe.

Den Einfluſs der cylindrischen Figur der Schneiden eines Pendels hat zuerst Herr Laplace erkannt und entwickelt. Die theoretische Untersuchung desselben beruht auf der Annahme, daſs die cylindrische Schneide, bei der Bewegung des Pendels, auf der untergelegten Ebene rollt, und daſs die Ebene diesem Rollen kein Hinderniſs in den Weg legt. Man bemerkt leicht, daſs die Breite der cylindrischen Abstumpfung einer Schneide allein nicht hinreichend ist, den Einfluſs der Abstumpfung auf die Schwingungszeit zu geben; dieser hängt vielmehr, wie auch die Herren Biot und Arago bemerkt haben, von der Krümmung desjenigen Theils der Schneide ab, welcher nach und nach mit den Ebenen in Berührung kömmt, und welcher, bei kleinen Schwingungswinkeln, so wie sie bei den Versuchen zur Bestimmung der Pendellängen vorzukommen pflegen, immer sehr klein ist. Wäre z. B. der Krümmungshalbmesser ein Zehntel einer Linie, so würde die Abstumpfung der Schneide, bei einer ganzen Schwingungsweite von $2\frac{1}{2}°$, welches die gröſste, bei Herrn Katers Versuchen vorkommende ist, nur ein Bogen des Cylinders von 0,1 L. Halbmesser von $2\frac{1}{2}°$ sein, oder eine Breite von $0,^{L}0043$ haben dürfen, um einen Einfluſs von einem Zehntel einer Linie auf die Pendellänge erhalten zu können. Bemerkt man aber wirklich eine Abstumpfung von dieser Breite, so werden doch alle optischen Hülfsmittel den Halbmesser ihrer Krümmung unsicher lassen, und man wird nicht im Stande

sein, sich völlig zu versichern, ob nicht diese kleine Abstumpfung einen bedeutenden Einflufs auf die Pendellänge erlangt. Dieses Beispiel zeigt, dafs es der Mühe werth ist, den Einflufs der Abstumpfung der Schneiden genauer zu erörtern, als bisher geschehen ist.

Über die Figur des Cylinders welcher die Schneiden begrenzt, kann als bekannt vorausgesetzt werden, dafs die abgeschliffenen Ebenen des Prismas welches die Schneiden bildet, Berührungsebenen an dieselbe sind, oder, wenn der Winkel dieser Ebenen durch $2i$ bezeichnet wird, dafs Tangenten an die Grenzen der Cylinderflächen gezogen, den Winkel $2i$ einschliefsen; ferner kann man die Entfernung der Ebenen, da wo sie mit der Cylinderfläche zusammentreffen, als bekannt annehmen, indem sie mikroskopisch mefsbar ist; ich werde sie durch b bezeichnen. Die Krümmung der Oberfläche bleibt aber unbekannt und man mufs sie in der Rechnung willkürlich lassen. Ich habe darüber angenommen, dafs der auf die Axe des Cylinders senkrechte Durchschnitt desselben, ein Kegelschnitt sei, dessen eine Axe mit der des Pendels zusammenfällt; seine Figur ist dann durch i, b und eine willkürliche Excentricität, welche ich durch ε bezeichnen werde, gegeben. Durch die Änderung der letzteren geht der Cylinder von der mit den Ebenen des Prismas zusammenfallenden Hyperbel, also von einer Winkelspitze, durch alle Zwischenstufen hindurch, in eine auf die Axe des Pendels senkrecht stehende Ebene über.

Diese Annahme habe ich in der IX. Beilage durch Rechnung verfolgt und führe hier die Resultate davon an. Wenn man die Länge des einfachen Pendels, mit welchem das sich auf der cylindrischen Schneide bewegende, gleiche Schwingungszeit hat, durch l' bezeichnet; die Länge eines zweiten einfachen Pendels, welches mit dem Schneidenpendel gleiche Zeit halten würde, wenn dieses sich um den Scheitelpunkt der Schneide drehete, durch l, so findet sich

$$l' = l - \frac{l}{s} \cdot b \cdot q$$

wo s die Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide, und q eine von der Figur des Cylinders und dem Schwingungswinkel abhängige Quantität ist.

Der Werth von q, für unendlich kleine Schwingungen, ist

$$= \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2 \operatorname{Cos} i};$$

für $\varepsilon = \text{Sec } i^2$ verwandelt der Kegelschnitt sich in eine Winkelspitze, und q wird $= 0$, so wie b willkürlich; von $\text{Sec } i^2$ bis 1 ist der Kegelschnitt eine Hyperbel; für 1 eine Parabel; zwischen 1 und 0 eine Ellipse mit aufrecht stehender grofsen Axe; für 0 ein Kreis; zwischen 0 und $-\infty$ eine Ellipse mit aufrechter kleinen Axe. Durch diesen Übergang von ε von $\text{Sec } i^2$ bis $-\infty$ wird q immer gröfser, und für den letzten Werth sogar unendlich grofs, was mit dem gänzlichen Aufhören der unendlich kleinen Schwingungen in diesem Falle übereinstimmt. Ist aber der halbe Schwingungswinkel u' nicht unendlich klein, so hat q die Grenze

$$\frac{2}{\pi \text{ Sin } u'}.$$

Für sehr grofse Werthe von ε nimmt q schnell ab, wenn die Schwingungswinkel wachsen; für kleinere ist es von dem Werthe, welchen es für unendlich kleine Schwingungen hat, wenigstens bei den Winkeln bei welchen man Pendelversuche anzustellen pflegt, nicht mehr merklich verschieden. Damit man dieses vollständiger übersehen könne, habe ich für einige Werthe von ε, und für $u' = 0$, $1°$, $2°$, den Werth von q, nach Anleitung der IX. Beilage, berechnet, und in folgende zwei Tafeln gebracht, deren erste für $2i = 90°$ gilt, die andere für $2i = 120°$; dieser letzte Winkel fand bei Herrn K a t e r s Versuchen statt.

Winkel $i = 45°$.

ε	Natur des Kegelschnitts.	Axenverhältnifs.	Werthe von q. $u' = 0$	$u' = 1°$	$u' = 2°$
+ 2	Hyperbel . . .		0	0	0
+ 1	Parabel		0, 50	0, 50	0, 50
0	Kreis	1 : 1 . . .	0, 71	0, 71	0, 71
− 10	Ellipse	1 : 3, 32	1, 73	1, 73	1, 72
− 100	———	1 : 10, 05	5, 05	4, 99	4, 84
− 1000	———	1 : 31, 64	15, 83	14, 30	11, 58
− 10000	———	1 : 100, 00	50, 00	28, 38	16, 68
− 100000	———	1 : 316, 23	158, 11	34, 94	18, 00
− ∞	Ebene	1 : ∞	∞	36, 48	18, 24

Winkel $i = 60°$.

ε	Natur des Kegelschnitts.	Axenverhältnifs.	Werthe von q. $u' = 0$	$u' = 1°$	$u' = 2°$
+ 4	Hyperbel . . .		0	0	0
+ 1	Parabel		0,87	0,87	0,87
0	Kreis	1 : 1 . . .	1,00	1,00	1,00
— 10	Ellipse	1 : 3,32	1,87	1,87	1,86
— 100	———	1 : 10,05	5,10	5,04	4,88
— 1000	———	1 : 31,64	15,84	14,32	11,59
— 10000	———	1 : 100,00	50,01	28,38	16,68
— 100000	———	1 : 316,23	158,12	34,94	18,00
— ∞	Ebene	1 : ∞	∞	36,48	18,24

Diese Tafeln geben nur den von der Lage des Schwerpunkts des Pendels unabhängigen Theil des vollständigen, in der IX. Beilage entwickelten Ausdrucks von q; der andere ist unbedeutend.

Wenn die Voraussetzung worauf diese Rechnung gegründet ist, nämlich dafs die cylindrische Schneide auf den Ebenen wirklich rollt, wahr ist, so zeigen diese Tafeln, dafs die Figur der Schneide einen merklichen Einflufs auf die Pendellängen haben kann, selbst wenn die Abstumpfung b nur einige Tausendtheile einer Linie beträgt. Wenn nicht ein genügender Grund vorhanden ist anzunehmen, dafs grofse negative Werthe von ε, oder sehr stark abgeplattete Ellipsen mit horizontaler grofsen Axe, bei der Operation des Abschleifens der Schneiden, oder durch die Abnutzung derselben durch den Gebrauch, nicht entstehen können, so wird man diese Ursache als die Quelle einer so grofsen Unsicherheit ansehen müssen, dafs man nicht wagen darf, die Bestimmung der Pendellänge auf einen Apparat mit Schneiden zu gründen, ehe man Mittel gefunden hat, den Fehler entweder zu bestimmen, oder aus dem Resultate zu eliminiren.

Es ist in der That behauptet worden, dafs der Einflufs der Cylindricität der Schneiden, aus dem Resultate der Beobachtungen mit einem Pendel von Herrn Bohnenbergers Erfindung verschwinde; allein diese sehr elegante Eigenschaft eines solchen Apparats findet nur statt, wenn beide Schneiden durch gleiche Cylinder begrenzt sind. Setzt man dieses nicht voraus, die beobachteten Schwingungszeiten um beide Schneiden aber als gleich, so hat man für die eine

$$l' = l - \frac{l}{s}\, bq\,; \quad l = \frac{\mu + ss}{s}\,;$$

für die andere

$$l' = l_, - \frac{l_,}{s_,} b_, q_, ; \quad l_, = \frac{\mu + s_, s_,}{s_,} ;$$

und wenn man l, $l_,$, μ eliminirt,

$$l' = s + s_, - \frac{s + s_,}{s - s_,} (bq - b_, q_,) .$$

Also ist die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, nur dann der Entfernung der Scheitel der cylindrischen Schneiden gleich, wenn bq und $b_, q_,$ gleich sind. Es ist aber ein leichtes Mittel vorhanden, den Einfluſs der Cylindricität ganz zu eliminiren: man richtet das Pendel so ein, daſs die Schneiden mit einander verwechselt werden können, und macht die Versuche sowohl vor als nach der Verwechselung. Dadurch kömmt der Fehler, in gleicher Gröſse auf entgegengesetzte Seiten, und das Mittel ist frei davon.

26.

Es ist bekannt, daſs Herr Biot die Einwirkung der Cylindricität ganz bezweifelt hat, indem er bemerkt, daſs das Pendel nicht mit der ganzen Schneide, sondern nur mit einzelnen hervorstehenden, als unendlich klein zu betrachtenden Punkten auf der Ebene aufliege, und sich bei der Schwingung um diese drehe. Man könnte noch hinzufügen, daſs eine der Voraussetzungen der Rechnung, nämlich die der völligen Härte der Unterlagen, nie in mathematischer Strenge erfüllt wird, indem dieselben immer mehr oder weniger elastisch sind. Indessen können diese Bemerkungen uns über eine Fehlerquelle nicht völlig beruhigen, deren sehr groſser Einfluſs auf die Versuche, der Rechnung zufolge, möglich ist; deren Nichtvorhandensein aber durch directe Beweise dargethan werden müſste, ehe man die Sicherheit von Versuchen, auch wenn sie nicht durch ihre Anordnung davon befreit sind, behaupten kann.

Es schien mir also nothwendig, Versuche über die Einwirkung der Figur der Schneiden anzustellen. Dieses geschah mit einem Pendel mit reciproken Axen, welches aus einer cylindrischen Stange von Messing, von 5,1 Lin. Durchmesser und 635 Lin. Länge, mit einem festen gröſseren und einem beweglichen kleineren Gewichte besteht. Wenn das gröſsere Gewicht unten ist, das kleinere oben, so ist die obere Schneide 96,4 Lin. vom oberen

Ende der Stange entfernt, die untere 97,6 Lin. vom unteren Ende; das grofse Gewicht ist ein Cylinder von Messing von 36,7 Lin. Durchmesser und 3,9 Lin. Höhe, und die auf die Stange senkrechte Axe desselben ist 58,6 Lin. unter der unteren Schneide. Das kleine Gewicht ist dann über der oberen Schneide, und wurde, bei den Versuchen welche ich mit diesem Apparate machte, so befestigt, dafs sein Mittelpunkt 64,3 Lin. von derselben entfernt war, wodurch die Schwingungszeiten um beide Schneiden nahe gleich wurden. In diesem Zustande fand ich die Entfernung der einen Schneide vom Schwerpunkte = 305,32 Lin., der anderen = 135,70 Lin., so dafs die Entfernung beider durch den Schwerpunkt im Verhältnisse 9 : 4 getheilt wurde. Die Schneiden von Stahl sind ziemlich nahe im rechten Winkel abgeschliffen, der Figur und dem Gewichte nach gleich und so eingerichtet, dafs man sie leicht herausnehmen, und, dem Zwecke des Apparats gemäfs, diejenigen Änderungen ihrer Abstumpfung vornehmen kann, über deren Einwirkung auf die Schwingungszeit Versuche gemacht werden sollen. Die Unterlage der Schneiden waren die zu dem unveränderlichen Pendel von Fortin gehörigen Agatebenen. Das Gewicht des Pendels fand ich = 34260 Gran.

Die Beobachtungen mit diesem Apparate wurden nach der im 5ten Art. beschriebenen Methode gemacht; da sie aber auf das eigentliche Resultat dieser Abhandlung keinen Einflufs haben, so glaube ich die Anführung derselben in ihrer ursprünglichen Form unterlassen, und nur die aus jedem Versuche herausgebrachte Schwingungszeit für unendlich kleine Winkel, mittheilen zu dürfen.

Wenn man die Schneiden herausnimmt um ihre Schärfe durch neues Anschleifen zu verändern, so wird nur dann eine Änderung der Schwingungszeit daraus hervorgehen, wenn der Werth von bq dadurch verändert worden ist; in sofern man also nicht Mittel anwendet, welche dieses Product bestimmt ändern, wird das neue Anschleifen oft keinen merklichen Einflufs äufsern. Ich kann daher nicht alle Versuche welche ich gemacht habe, zur Bestätigung des wirklichen Einflusses der Abstumpfung auf die Schwingungszeit anführen, sondern nur diejenigen derselben welche diesen Einflufs zeigten. Die Form unter welcher ich die Versuche mittheilen werde ist folgende: zuerst wird die beobachtete mittlere Zeit t einer Schwingung für unendlich kleine Winkel, nebst dem Stande des Barometers und daran befindlichen Thermometers angegeben; dann die Temperatur des Pendels τ; ferner die

auf den leeren Raum und die Temperatur 0 bezogene, entsprechende einfache Pendellänge l', in der Voraussetzung der Länge des einfachen Secundenpendels $= 440,^L 8147$, und der Ausdehnung des Messings $= 0,0000178$ für $1° C.$, berechnet. Der unbekannte Coefficient welcher die Einwirkung der Luft bestimmt, ist, je nachdem das grofseGewicht unten oder oben ist, durch k und k' bezeichnet.

Am 13ten December 1826, als das grofse Gewicht oben war, wurde folgender Versuch gemacht:

$$t = 1,''0001093. \quad 340,^L 38 + 3{,}^\circ 2. \quad \tau = 2{,}^\circ 95. \quad l' = 440,^L 8185 - 0,^L 0694 . k'.$$

Darauf wurde die Schneide herausgenommen und so fein geschliffen als mir möglich war; am folgenden Tage fand sich damit:

$$t = 1,''0001651. \quad 339,^L 34 + 3{,}^\circ 0. \quad \tau = 3{,}^\circ 07. \quad l' = 440,^L 8668 - 0,^L 0694 . k'.$$

Allein durch das Herausnehmen und Wiedereinsetzen der Schneide, war sie, wie ich durch eine mikroskopische Messung fand, um $0,^L 006$ dem Schwerpunkte näher gekommen, wodurch l', nach der oben angegebenen Lage des Schwerpunkts des Pendels, um $0,^L 0075$ vergröfsert worden ist. Der Unterschied beider Versuche ist daher $= 0,^L 0408$, und zeigt, dafs das Product bq durch die Änderung der Schneide, um $0,^L 0125$ verkleinert worden ist.

Ein zweites Beispiel giebt eine, durch fortgesetzten Gebrauch einer Schneide erzeugte Änderung zu erkennen. Am 16ten December 1826 war das grofse Gewicht unten, und die Schneide war sehr fein, vermuthlich feiner als es nach der Härte ihres Stahls hätte sein sollen, angeschliffen; in diesem Zustande des Pendels wurde folgender Versuch gemacht:

$$t = 1,''0001505. \quad 338,^L 66 + 2{,}^\circ 7. \quad \tau = 2{,}^\circ 64. \quad l' = 440,^L 8572 - 0,^L 0695 . k.$$

Nach dieser Beobachtung wurde das Pendel zu verschiedenen Versuchen angewandt, von welchen ich später reden werde, und nach der Beendigung derselben, am 14ten und 15ten Februar 1827, wurden folgende Versuche damit gemacht:

$$t = 1,''0000984. \quad 331,^L 80 - 1{,}^\circ 0. \quad \tau = -0{,}^\circ 78. \quad l' = 440,^L 8387 - 0,^L 0689 . k$$
$$t = 1,0000787. \quad 334,39 - 1,3. \quad -2,20. \quad = 440,8316 - 0,0689 . k.$$

Die Veränderung der entsprechenden einfachen Pendellänge ist daher gleich $-0{,}^{L}0220$; allein im Februar fand sich die Schneide $0{,}^{L}006$ entfernter vom Schwerpunkte als im December, welches vermuthlich von einer durch die erwähnten Versuche entstandenen, auch später beim Herausnehmen der Schneide sichtbaren Abnutzung herrührt. Diese vergröſserte Entfernung, hätte l' um $0{,}^{L}0033$ vergröſsern müssen, wenn bq denselben Werth behalten hätte; die beobachtete Veränderung beträgt daher $-0{,}^{L}0253$, und es folgt daraus eine Vergröſserung von $bq = 0{,}^{L}0173$. Die abgenutzte Schneide schien mir, unter einem 200 Mahl vergröſsernden Mikroskop, eine Abstumpfung von $0{,}^{L}005$ zu haben.

Diese beide Erfahrungen scheinen mir hinreichend, zu zeigen, daſs die Figur der Schneide wirklich die Schwingungszeiten ändern kann; ich hätte noch einige andere anführen können, welche aber nicht so entschieden wie diese, die möglichen Grenzen der Beobachtungsfehler überschreiten. Allein man kann eine viel gröſsere Wirkung der Abstumpfung hervorbringen, wenn man darauf ausgeht, die Krümmung der Abstumpfung sehr klein zu machen. Um eine Bestätigung dieses Resultats der Rechnung durch Versuche zu erhalten, schliff ich die Schneide durch eine Glasplatte, welche, soviel ohne besonders dazu eingerichteten Apparat thunlich war, stets senkrecht auf der den Winkel der Ebenen des Prismas bissectirenden Ebene erhalten wurde. Die Breite der dadurch entstandenen Abstumpfung, fand ich, mit den Pistorschen Mikroskopen, im Mittel aus Messungen an 10 verschiedenen Punkten $= 0{,}^{L}0216$; die Entfernung der Schneide vom Schwerpunkte war jetzt $0{,}^{L}021$ gröſser als am 16^{ten} December 1826, für welchen Tag oben $l' = 440{,}^{L}8572 - 0{,}^{L}0695\,k$ bestimmt worden ist; jetzt hätte also sein Werth $= 440{,}^{L}8689 - 0{,}^{L}0695\,k$ sein sollen, wenn der Zustand der Schneide übrigens nicht verändert worden wäre. In diesem Zustande des Pendels beobachtete Herr D$^{\text{r}}$. Erman am 16^{ten} Februar eine Reihe von Coincidenzen, welche ich mit den dazu gehörigen Schwingungswinkeln anführe, weil die aus jedem einzelnen Intervalle geschlossene, nach der gewöhnlichen Formel auf unendlich kleine Winkel reducirte Schwingungszeit entschieden kleiner wurde so wie die Schwingungswinkel abnahmen.

u'	t		τ	l'		Einfluſs der Abstumpfung.
von 98,′1 bis 69,′0	0,″9997649		— 2,°03	440,^{L}5539		— 0,^{L}3150
69,0 - 52,6	7633		— 2,01	5524		— 0,3165
52,6 - 40,8	7594		— 2,00	5489		— 0,3200
40,8 - 29,2	7619	334,^{L}80—2,°0	— 2,00	5511	— 0,^{L}0696 k.	— 0,3178
29,2 - 22,4	7509		— 1,99	5413		— 0,3276
22,4 - 17,0	7407		— 1,97	5321		— 0,3368
17,0 - 13,3	7255		— 1,94	5185		— 0,3504

Der hier beobachtete Einfluſs der Abstumpfung ist $= -\frac{l}{s}.bq = -\frac{13}{9}.bq$; $b = 0,^L0216$ angenommen ergiebt sich daraus q:

u'	q
83,′6	10,1
60,8	10,1
46,7	10,2
35,0	10,2
25,8	10,5
19,7	10,8
15,2	11,2

Dieser Versuch wurde, einige Tage später, mit der Abänderung wiederholt, daſs die Ebenen der Schneide vorher abgeschliffen wurden, so daſs die Breite der Abstumpfung dadurch bis auf 0,^{L}0135 im Mittel, vermindert wurde. Als die Schneide wieder befestigt war, fand sie sich 0,^{L}019 entfernter vom Schwerpunkte als am 16ten December, weshalb der Werth von l' jetzt $= 440,^L8678 - 0,^L0695\,k$ hätte sein sollen. Die Coincidenzen wurden von Herrn Anger beobachtet;

u'	t		τ	l'		Einfluſs der Abstumpfung.
von 90,′0 bis 69,′3	0,″9998555		— 3,°92	440,^{L}6475		— 0,^{L}2203
69,3 - 56,0	8478		— 3,75	6393		— 0,2285
56,0 - 44,8	8373		— 3,63	6292		— 0,2386
44,8 - 36,3	8370	335,^{L}94—3,°4	— 3,54	6282	— 0,^{L}0706.k	— 0,2396
36,3 - 29,9	8300		— 3,47	6214		— 0,2464
29,9 - 24,5	8368		— 3,43	6271		— 0,2407
24,5 - 20,4	8210		— 3,39	6129		— 0,2548

Da b hier $= 0,^L0135$ ist, so erhält man die den einzelnen Intervallen entsprechenden Werthe von q:

u'	q
79,7	11,2
62,7	11,7
50,4	12,2
40,6	12,2
33,1	12,6
27,2	12,3
22,5	13,0

Diese Versuche, verglichen mit der ersten Tafel des 25sten Art., zeigen, dafs wenn man die Abstumpfung als eine Ellipse betrachtet, das Axenverhältnifs etwa 1 : 21 und 1 : 25 angenommen werden mufs, welche Annahmen nichts Unwahrscheinliches haben, aber, da man die Krümmung so kleiner Flächen nicht messen kann, auch nicht direct bestätigt werden können; die Zunahme des Einflusses bei kleinen Schwingungswinkeln, stimmt nahe genug mit der Theorie überein.

27.

Obgleich diese Versuche, übereinstimmend mit der oben gegebenen Entwickelung der Theorie, zeigen, dafs Grund vorhanden ist, auf die Vermeidung des Einflusses der Cylindricität der Schneiden mehr Gewicht zu legen, als bisher geschehen ist, so sieht man doch wohl, dafs ihr Einflufs auf die Versuche des Herrn Kater, wenn nicht ganz unmerklich, doch sehr gering gewesen sein mufs. Denn die grofse Vorsicht welche dieser, eben so aufmerksame als erfindungsreiche Beobachter auf die feine Bearbeitung und gute Erhaltung der Schneiden wandte, so wie die Güte des zu denselben benutzten Stahls, lassen eine nur sehr geringe, wahrscheinlich ein Tausendtheil einer Linie nicht erreichende Abstumpfung erwarten, deren Einflufs, wenn sie für beide Schneiden gleich war, verschwinden, wenn sie ungleich war, nach dem 25sten Art., nur zum Theil auf das Resultat übergehen mufste.

Die Herren Biot und Arago haben ihre Versuche mit 2 Schneiden gemacht, deren eine eine sehr breite Abstumpfung, die andere eine weit geringere hatte; für jene war $b = 0,^L0166$, für diese $= 0,^L0023$. Dennoch stimmen die mit beiden erhaltenen Resultate überein. Nach dem was ich über die Abstumpfung der Schneiden angeführt habe, mufs ich gestehen, dafs mir diese Übereinstimmung mehr zufällig als nothwendig erscheint. Bei

dem letzten der im vorigen Art. angeführten Versuche, war die Breite der Abstumpfung kleiner als bei dem ersten der beiden Französischen Pendel; dennoch würde ihr Einfluſs auf dasselbe etwa $0,^L16$ gewesen sein. Wenn er aber nicht so groſs, sogar unmerklich gefunden wurde, so liegt dieses also in der Art der Krümmung, von welcher es überhaupt wahrscheinlich ist, daſs sie die Grenze nicht durch Zufall erreicht, welche man ihr durch Absicht geben kann. Es scheint daher daſs man das zuverlässigste Resultat aus der in dem *Recueil d'Observations* enthaltenen denkwürdigen Operation ziehen wird, wenn man die Versuche mit der feineren Schneide allein nimmt, und die mit der gröberen nur zur Übertragung der Pendellänge von einem Orte zum anderen anwendet. Das Maximum des Einflusses der Abstumpfung der feineren Schneide auf die Länge des Secundenpendels, welches sich mit den bei gröſseren und kleineren Schwingungswinkeln angestellten Beobachtungen noch vereinigen läſst, würde etwa $0,^L029$ sein; allein es ist, wie gesagt, gar nicht wahrscheinlich, daſs diese Grenze auch nur näherungsweise erreicht werden sollte.

Der Fehler welchen dieselbe Ursache bei der Bordaschen Bestimmung hervorgebracht haben kann, ist, weil das Pendel viermal so lang war als das Secundenpendel, nur ein Viertel der Gröſse von bq. Man darf aber nicht unbemerkt lassen, daſs Laplace erst lange nach Borda's Tode auf diese Fehlerursache aufmerksam machte, so daſs man nicht sicher ist, ob Borda alle Aufmerksamkeit angewandt hat, sie zu vermeiden; ferner daſs jener groſser Geometer anführt, die Begrenzung der Schneide sei ein Halbcylinder, dessen Radius ein Hunderttheil eines Millimeters überschreite, woraus hervorzugehen scheint, daſs diese allgemein ausgesprochene Wahrnehmung, wenn nicht an Borda's Schneide selbst gemacht, doch, nach Laplace's Meinung, mit dieser vereinbar ist. Muſs man aber eine Abstumpfung der Schneide von 0,01 Lin. für wahrscheinlich, dagegen den anderen Theil der Angabe, daſs die Schneide einen Halbcylinder bilde, wegen Unzulänglichkeit eines Vergröſserungsglases zur Beurtheilung des Krümmungshalbmessers einer so kleinen Fläche, für nicht hinreichend begründet halten, so scheint man nicht mit Sicherheit behaupten zu können, daſs der Einfluſs der Abstumpfung der Schneide auf Borda's Resultat ganz unmerklich sei. Vielleicht ist Borda's Schneide noch unverändert vorhanden, in welchem Falle es nicht schwer werden wird, durch eine neue Reihe von Versuchen mit

einem weit kürzeren Pendel, dieser höchst ausgezeichneten Operation entweder die Bestätigung zu verschaffen, oder die ihr anzubringende Verbesserung zu finden.

28.

Hier mufs ich auch der Versuche erwähnen, welche ich in der Absicht gemacht habe, zu bestimmen, wie sich die Mittelpunkte der Bewegung der drei, im 18ten Art. beschriebenen Aufhängungsarten der Pendel an meinem Apparate, gegen die Aufhängungspunkte selbst verhalten.

Es ist dazu nöthig, die Entfernung der Ebene am Aufhängungsrahmen, auf welcher die Schneide, die Klemme und der Abwickelungscylinder ruhen, von dem Nullpunkte der Mikrometervorrichtung am unteren Ende des Pendelapparats, oder vielmehr die durch *F* bezeichnete Constante, unmittelbar zu messen. Wenn man den Apparat durch eine Einrichtung zu dieser Messung vermehrt, so ergiebt er nicht nur den Unterschied der beiden Pendellängen, sondern auch die Längen beider Pendel selbst. Indem aber die aus dem Unterschiede gefolgerte Länge des einfachen Secundenpendels, von der Einwirkung der Aufhängungsart auf den Mittelpunkt der Bewegung frei ist, so wird durch die Vergleichung derselben mit der Länge eines der beiden Pendel, diese Einwirkung bekannt. Man sieht, dafs der so vermehrte Apparat eigentlich eine dreifache Bestimmung der Länge des Secundenpendels gewährt, sowohl aus der gemessenen Länge des kurzen Pendels, als aus der des langen (welche die Summe der vorigen und der Toise ist) und aus dem Unterschiede beider Längen. Die letzte allein ist aber frei von jeder Unsicherheit über den Mittelpunkt der Bewegung und eben so von dem Halbmesser und der Voraussetzung der Gleichförmigkeit der Materie der Kugel.

Herr Repsold hatte die Güte, mir eine Einrichtung zur Messung der Constante *F* zu verfertigen. Dieses ist eine Stange von Stahl von 453 Lin. Länge; auf ihre obere polirte, ebene Fläche wird ein Cylinder von Stahl von 1 Lin. Durchmesser und 3 Lin. Länge, durch eine starke Feder aufgedrückt, welcher dann über beide Seiten der Stange hervorragt; die Dicke der Stange ist nicht gröfser als die Weite des Einschnitts der Ebene auf welcher die Schneide, die Klemme und der Abwickelungscylinder ruhen, so dafs sie, mittelst des über ihre beide Seiten hervorstehenden Cylinders, an derselben Ebene aufgehängt werden kann, wodurch ihr oberes Ende mit

dieser Ebene zusammenfällt. Mit dem unteren, abgerundeten Ende, trifft diese Stange, wenn der Aufhängungsrahmen so aufgelegt ist wie bei dem Gebrauche des kurzen Pendels, auf die Stahlplatte am Fühlhebel. Ihr Gewicht ist dem Gewichte der Pendelkugel von Messing gleich, so dafs der Aufhängungsrahmen bei den Versuchen mit dem Pendel und bei der Messung, eine gleiche Spannung erfährt.

Nach der Ankunft dieser Einrichtung ersuchte ich Herrn Anger, vier Reihen von Coincidenzen mit dem kurzen Pendel, mit der Schneide und der Kugel von Messing zu beobachten, zwischen welchen sowohl der Faden, als der Fühlhebel umgekehrt wurden; die Messungen an der Mikrometerschraube und die Vergleichungen der Uhren übernahm ich selbst. Vor und nach diesen Versuchen wurde die Mefsstange angewandt.

Diese vier Versuche habe ich nicht im Originale mitgetheilt, theils weil das Maafs der Genauigkeit der Coincidenz-Beobachtungen aus den früheren hinreichend bekannt ist und Herr Anger hier wenigstens denselben Erfolg erhalten hat; theils weil sie keinen Einflufs auf das Hauptresultat dieser Abhandlung haben. Ich führe also hier nur die Schwingungszeiten für unendlich kleine Winkel und die übrigen, zur Rechnung nothwendigen Data an:

	Schwingungszeit. M. Z.	Barometer.		Temperatur von *F*.	Schraube des Fühlhebels.
1827 November 22	1,″0001360	334,ᴸ01	+ 2,°5	+ 3,°25	19,ᴿ294
23	1,0001399	333,56	+ 2,8	+ 3,44	19,294
23	1,0001098	331,56	+ 2,4	+ 2,89	19,5505
26	1,0001125	338,86	+ 2,4	+ 2,96	19,527

Die Messungen an der Schraube des Fühlhebels ergeben:

Gemessene Länge = *F*	— 1,7403	— 1,ᴸ7403	— 1,ᴸ7635	— 1,ᴸ7613
Temperatur von *F*	+ 0,0176	+ 0,0186	+ 0,0156	+ 0,0160
Elasticität des Fadens	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0014	+ 0,0014
Länge des Pendels = *F*	— 1,7213	— 1,7203	— 1,7465	— 1,7439

Die Berechnung der Schwingungszeiten, unter Voraussetzung der Länge des einfachen Secundenpendels = 440,ᴸ81 + ε, und des im 21sten Art. bestimmten Werthes von *k*, geben folgende Resultate:

L

Länge des entsprechenden einfachen Pendels	$440^L,9299$	$440^L,9333$	$440^L,9068$	$440^L,9092$
Reduction auf den leeren Raum.........	— 0, 1332	— 0, 1329	— 0, 1323	— 0, 1353
——— auf das zusammengesetzte Pendel	— 0, 0535	— 0, 0535	— 0, 0535	— 0, 0535
——— auf F..................	+ 1, 7213	+ 1, 7203	+ 1, 7465	+ 1, 7439
Resultat des Versuchs............ $F =$	442, 4645	442, 4672	442, 4675	442, 4643

Die Reduction auf das zusammengesetzte Pendel ist mit dem Gewichte des Fadens = 3,64 Gran, übrigens aber mit denselben Elementen berechnet, welche für das Pendel mit der Schneide, in der VII. Beilage, angewandt worden sind.

Als die Meſsstange aufgehängt war, ergab die Messung mit der Mikrometerschraube, im Mittel aus häufigen, immer fast vollkommen übereinstimmenden Beobachtungen:

Schraube des Fühlhebels.	e'	e''	l'	l''
$18^R,069$	$3^\circ,65$	$3^\circ,64$	$3^\circ,53$	$3^\circ,60$

Für die Temperatur dieser Messung ist die Constante $= F + 0,^L0197$; diese, um die Angabe der Mikrometerschraube $= 1,^L6298$ vermindert, und um den Halbmesser der Pendelkugel für $3^\circ,53$ Temperatur ($= a$) vermehrt, ist die Länge der Meſsstange für $\frac{1}{2}\{3^\circ,53 + 3^\circ,60\} = 3^\circ,565$ Temperatur ($= b$). Man erhält also

$$F = b - a + 1,^L6101.$$

Um die Länge b zu bestimmen, habe ich die Toise auf eine horizontale Ebene gelegt und die Meſsstange auf dieselbe, so daſs das obere Ende derselben mit einer der Endflächen der Toise zusammenfiel, welches man durch einen geraden, an das Ende der Toise angedrückten Cylinder, an welchen auch die Stange angeschoben wird, erlangt: dann habe ich auf das untere, abgerundete Ende der Stange, eins der Pistorschen, zur Prüfung der Theilungen des Meridiankreises bestimmten Mikroskope eingestellt, und, ohne die Toise zu verrücken, diese Operation am anderen Ende derselben wiederholt, so daſs ein zweites dieser Mikroskope den nunmehrigen Ort des unteren Endes der Stange angab. Auf diese Art erhielten die Mikroskope eine Entfernung welche dem Überschusse der doppelten Länge der Stange über die Länge der Toise, gleich war, und welche nun auf einer, von den

Herren Pistor und Schiek in Berlin verfertigten, auf in Messing eingelegtes Silber schön getheilten Scale, durch die Schraube des einen der Mikroskope gemessen wurde. Im Mittel aus mehreren Wiederholungen ergab sich dieser Überschufs $= 41,^{L}9973$ bei der Temperatur $= 4{,}^{\circ}04\ C$. Für diese Temperatur ist die Länge der Toise $= 863,^{L}8790$; der gemessene Überschufs ist, da die Scale ihre wahre Länge bei der Normaltemperatur der Toise erlangt $= 41,^{L}9882$; also ist die Länge der Stange für dieselbe Temperatur $= 452,^{L}9336$, und wenn man die Ausdehnung 0,0000114 für jeden Grad des Thermometers annimmt, $b = 452,^{L}9311$.

Der Halbmesser der Kugel ist zwar in der VII. Beilage, durch das Gewicht des Wassers welches sie aus dem Wege drängt $= 12,^{L}082$ bestimmt worden; allein da er hier einen directen Einflufs auf das Resultat erlangt, so habe ich ihn unmittelbar gemessen. Dieses geschah dadurch, dafs in die Ebene von Holz auf welcher die Toise lag, eine Vertiefung von 10 Linien gemacht wurde, an deren einen Rand ich ein eben und rechtwinklicht geschliffenes, etwas über 2 Linien dickes Stück Messing so befestigte, dafs sowohl die Kugel als die Toise an dasselbe angeschoben werden konnten; auf die Toise wurde die Scale von Pistor und Schiek befestigt und die Gröfse der Verschiebung durch ein Mikroskop gemessen. Hierdurch erhielt ich den Durchmesser der Kugel, in der Temperatur $3{,}^{\circ}90 = 24,^{L}1619$; da die Scale und die Kugel aus demselben Metalle bestehen, so ist dieses ihr wahrer Durchmesser für die Normaltemperatur der Toise, und man erhält den für $3{,}^{\circ}53$ stattfindenden $= 24,^{L}1564$ oder $a = 12,^{L}0782$.

Demzufolge ist $F = 442,^{L}4630$; nach der Bestimmung durch die Pendelschwingungen ist es im Mittel $= 442,^{L}4659 + 1{,}0002.\varepsilon$; setzt man, für ε seinen aus dem 20sten Art. bekannten Werth $= + 0,^{L}0047$, so wird es $= 442,^{L}4706$, und die Vergleichung beider Bestimmungen ergiebt den Mittelpunkt der Bewegung des Pendels $0,^{L}0076$ über der Ebene auf welcher die Schneide ruhete. Dieser Unterschied mag zum Theil aus den Fehlern der in diesem Art. beschriebenen Operation entstanden sein, vielleicht auch aus der Voraussetzung, dafs der Schwerpunkt und der Mittelpunkt der Kugel zusammenfallen, welche, durch Umkehren der Kugel, hätte unschädlich gemacht werden müssen; wenn die Bestimmung der Pendellänge aus Versuchen mit einem Pendel hätte abgeleitet werden sollen; man sieht aber daraus, dafs dieser Versuch keinen Grund giebt anzunehmen, dafs eine so schön

gearbeitete Schneide wie die von Herrn Repsold, womit diese Versuche gemacht worden sind, den Mittelpunkt der Bewegung merklich zu tief gebe. Hierdurch wird das bestätigt was ich über die Einwirkung der cylindrischen Figur der Schneiden auf Herrn Kater's Bestimmung gesagt habe. Es geht übrigens aus diesem Versuche hervor, dafs die Beobachtungen welche ich gemacht habe, aus beiden Pendeln einzeln genommen, nahe dasselbe Resultat gegeben haben würden, welches aus ihrem Unterschiede folgt. Dafs aber sowohl der Abwickelungs-Cylinder als die Klemme, den Mittelpunkt der Bewegung (Art. 18 und 19) um einige Hunderttheile einer Linie zu tief ergeben, ist nicht mehr zu bezweifeln.

29.

In dem Werke des Herrn Sabine findet sich eine Bemerkung welche grofse Aufmerksamkeit verdient, indem sie auf die Richtigkeit der Bestimmungen der absoluten Pendellänge neue Zweifel wirft. Er liefs nämlich seine beiden unveränderlichen Pendel sowohl auf denselben Agatebenen schwingen, welche Herr Kater zu seinen Versuchen gebraucht hatte, als auch auf den zu diesen Pendeln selbst gehörenden: obgleich kein Unterschied unter diesen Ebenen sichtbar war, so machte doch eins der Pendel auf seinen eigenen Ebenen, täglich 1,46 Schwingungen mehr, als auf den Katerschen; das andere zeigte diesen Unterschied (welcher mit $0,^L015$ in der Länge des Secundenpendels correspondirt) nicht. Die ausgezeichnete Übereinstimmung aller Versuche von Sabine läfst keinen Zweifel über die Wirklichkeit des Unterschiedes; dennoch fand er, unter dem Anscheine nach ganz gleichen Umständen, bei dem zweiten Pendel nicht statt. Es war daher keine Hofnung vorhanden, seine Ursache, durch Versuche auf verschiedenen Ebenen von derselben Materie, zu entdecken; allein es schien der Mühe werth, das im 26ten Art. beschriebene Pendel auf Unterlagen von sehr verschiedener Härte und Politur schwingen zu lassen, weil sich dadurch weit gröfsere Unterschiede ergeben konnten, von welchen dann einiger Aufschlufs über die Natur und den Einflufs dieser Einwirkung zu erwarten war. Ich machte daher Versuche auf Ebenen von Agat, von mattgeschliffenem Glase und von Stahl, auf Glas-Cylindern und auf Ebenen und Cylindern von Messing. Alle diese Versuche wurden mit beiden Schneiden des Pendels

wiederholt; die meisten Coincidenzen sind von Herrn Anger beobachtet. Die Form ihrer Mittheilung ist die bereits im 26sten Art. angewandte.

Die auf den härteren Unterlagen — von Agat, mattgeschliffenen Glasplatten, Glasröhren von 42 Lin. Durchmesser, und sehr harten Stahlebenen — gemachten Versuche werde ich zuerst anführen:

1) Grofses Gewicht unten:

			t	Barometer.		τ	l'
1826 Dcbr.	16	Agatebenen	1,″0001505	338,L66	+ 2,°7	+ 2,°64	440,L8572 — 0,L0695 . k
	21	Glasebenen	1,0001436	334, 17	+ 2, 0	+ 1, 86	440, 8580 — 0, 0687 . k
	19	Glasröhren	1,0001510	337, 73	+ 2, 0	+ 2, 56	440, 8585 — 0, 0692 . k
1827 Apr.	19	Agatebenen	1,0002455	337, 82	+ 12, 4	+ 12, 01	440, 8700 — 0, 0668 . k
	21	Dieselben	1,0002455	335, 24	+ 13, 1	+ 12, 34	440, 8680 — 0, 0662 . k
	20	Stahlebenen	1,0002459	337, 65	+ 13, 7	+ 12, 57	440, 8662 — 0, 0666 . k
	20	Dieselben	1,0002364	336, 45	+ 12, 1	+ 11, 73	440, 8644 — 0, 0666 . k

2) Grofses Gewicht oben:

			t	Barometer.		τ	l'
1826 Dcbr.	16	Agatebenen	1,0001387	338,L68	+ 2,°7	+ 2,°40	440,L8488 — 0,L0694 . k'
	21	Glasebenen	1,0001316	333, 96	+ 2, 2	+ 2, 08	440, 8458 — 0, 0686 . k'
	19	Glasröhren	1,0001299	337, 84	+ 2, 0	+ 2, 16	440, 8428 — 0, 0694 . k'
1827 Apr.	19	Agatebenen	1,0001908	337, 79	+ 12, 9	+ 12, 12	440, 8210 — 0, 0668 . k'
	21	Dieselben	1,0001817	335, 20	+ 13, 7	+ 12, 51	440, 8105 — 0, 0662 . k'
	20	Stahlebenen	1,0001825	337, 55	+ 13, 8	+ 12, 71	440, 8092 — 0, 0666 . k'
	20	Dieselben	1,0001807	336, 35	+ 12, 3	+ 11, 78	440, 8149 — 0, 0666 . k'

Der Zustand des Pendels bei den drei ersten Versuchen blieb derselbe; eben so bei den vier letzten; zwischen beiden Reihen wurde er aber verändert. Die Versuche zeigen keine entschiedene Einwirkung der Unterlagen auf die Schwingungszeiten des Pendels, welche selbst bei den Glasröhren, welche von den Schneiden nur in einem Punkte berührt werden, den Werth behalten haben, den sie auf den übrigen Unterlagen hatten. Vielleicht wäre, aus öfterer Wiederholung der Versnche, ein kleiner mittler Unterschied hervorgegangen; allein seine Auffindung schien mir kaum ein Interesse zu haben, da man aus der Erfahrung des Herrn Sabine schon weis, dafs dergleichen Unterschiede auch vorkommen können, wenn die verschiedenen Unterlagen von gleicher Materie sind.

Ganz verschieden zeigten sich aber die Schwingungszeiten, als die Schneiden auf Ebenen von gehämmertem Messing gelegt wurden, deren Oberflächen abgeschliffen, aber nicht polirt waren. Auf diesen Unterlagen wurden folgende Versuche gemacht.

1) Grofses Gewicht unten:

		t	Barometer.		τ	l'
1826 Dcbr. 20	Messingebenen	1,″0001124	335,L58	+ 2°,1	+ 1°,96	440,L8299 — 0,L0689 . k
1827 Oct. 7	Agatebenen ...	1,0002979	337, 80	12, 7	12, 43	440, 9133 — 0, 0664 . k
7	Messingebenen	1,0002751	337, 52	13, 3	12, 85	440, 8901 — 0, 0662 . k
9	Agatebenen ...	1,0003135	334, 86	15, 8	14, 16	440, 9145 — 0, 0654 . k
10	Messingebenen	1,0002709	334, 86	15, 8	14, 67	440, 8730 — 0, 0653 . k

2) Grofses Gewicht oben:

		t	Barometer.		τ	l'
1826 Dcbr. 20	Messingebenen	1,″0000619	335,L52	+ 2°,0	+ 2°,18	440,L7833 — 0,L0689 . k'
1827 Oct. 7	Agatebenen ...	1,0002433	337, 78	12, 8	12, 62	440, 8638 — 0, 0663 . k'
7	Messingebenen	1,0002198	337, 40	13, 6	13, 17	440, 8390 — 0, 0661 . k'
8	Agatebenen ...	1,0002530	336, 31	14, 5	13, 83	440, 8633 — 0, 0657 . k'
10	Messingebenen	1,0001680	334, 83	15, 8	14, 86	440, 7810 — 0, 0652 . k'

Bei dem ersten Versuche, verglichen mit den drei oben angeführten Versuchen auf härteren Unterlagen, zeigt sich ein Einflufs der Messingebenen auf die Länge des gleichzeitig schwingenden Pendels, von — 0,L0280 und — 0,L0625; der zweite Versuch ergiebt denselben — 0,L0238 und — 0,L0246; der dritte — 0,L0409 und — 0,L0826. Sie stimmen daher bei weitem nicht so gut überein, als ähnliche Versuche auf härteren Unterlagen, so dafs man annehmen kann, dafs die Messingebenen die Schwingungszeiten auf eine Art stören, welche von der Verschiedenheit im Auflegen des Pendels, oder von Umständen abhängt welche man nicht kennt. Indessen geben alle drei Versuche beträchtlich kürzere Schwingungszeiten als die Versuche auf härteren Unterlagen, und der Unterschied ist für die zweite Aufhängung des Pendels gröfser als für die erste. Die Abnahme der Schwingungswinkel war nicht beträchtlich verschieden von der welche sich zeigt wenn man das Pendel auf härteren Unterlagen schwingen läfst; die einzelnen Coincidenzen stimmten eben so gut untereinander als gewöhnlich, so dafs kein Einflufs der Schwingungswinkel bemerkt wurde. Nachdem die Versuche beendigt waren,

untersuchte ich die Ebenen, und fand bei den beiden ersten, dafs die Schneide keinen Einschnitt in dieselben gemacht, sondern nur eine sehr feine, sich von den übrigen Stellen der mattgeschliffenen Flächen durch ihren Glanz auszeichnende Linie, hervorgebracht hatte; bei den vier späteren Versuchen war ein sehr feiner Einschnitt sichtbar, dessen Breite aber so gering war, dafs ich vergebens versuchte, sie unter dem Mikroskope zu messen. —

Der beträchtliche Einflufs welchen die Messingebenen auf die Schwingungszeiten des Pendels gehabt haben, liefs erwarten, dafs man einen noch gröfseren erhalten würde, wenn man die Schneiden auf Cylinder von derselben Materie legte. Ich versuchte daher auch diese; allein sie gaben einen so grofsen und mit den Schwingungswinkeln so veränderlichen Einflufs, dafs es nöthig wird die Versuche im Einzelnen vorzulegen.

Der erste wurde am 18ten December 1826 gemacht; die Unterlagen waren Stücke von Messingdraht von 1 Lin. Durchmesser, welche aber abgedreht und polirt wurden. Als das grofse Gewicht unten war, bewegte das Pendel sich folgendermafsen:

u'	*t*		*τ*	*l'*	
von 43',7 bis 34',2	0'',9998277	$339^{L},32 + 2°,0$	+ 2°,04	$440^{L},5772$	— 0,0696 . *k*
34,2 - 26,0	0,9997884		2,05	5425	
26,0 - 20,2	0,9997686		2,08	5248	
20,2 - 17,1	0,9997624		2,13	5189	
17,1 - 13,7	0,9997535		2,16	5108	

als es oben war:

u'	*t*		*τ*	*l'*	
von 59',4 bis 32',5	0'',9995905	$339^{L},32 + 2°,0$	+ 2°,12	$440^{L},3676$	— 0,0696 . *k'*
32,5 - 19,5	0,9994995		2,12	2874	
19,5 - 13,7	0,9994446		2,12	2389	

Dieser Versuch wurde am 22sten December, mit neuen Messingcylindern von 1,63 L. Durchmesser wiederholt; er ergab nun für beide Lagen des Pendels,

u'	*t*		*τ*	*l'*	
von 87',8 bis 63',5	1'',0000431	$337^{L},31 + 2°,0$	+ 2°,00	$440^{L},7663$	— 0,0691 . *k*
63,5 - 46,1	1,0000110		2,04	7393	
46,1 - 34,8	0,9999771		2,09	7090	
34,8 - 27,0	0,9999493		2,14	6841	
27,0 - 21,2	0,9999290		2,20	6657	

u'	t		τ	l'	
von 81′,3 bis 39′,3	0″,9997143	$337,^{L}74 + 2^{\circ},0$	$+2^{\circ},17$	$440,^{L}4765$	$-0,0693 \, . \, k'$
39,3 - 22,9	0,9995826		2,21	3600	
22,9 - 14,0	0,9995067		2,25	2928	

Die Stellen der Messingcylinder wo die Schneiden gelegen hatten, wurden unter dem Mikroskope untersucht; es fanden sich Einschnitte deren Breite $= 0,^{L}01$ bis $0,^{L}013$, deren Tiefe aber weit geringer war. Die Abnahme der Schwingungswinkel war weit gröſser als auf den härteren Unterlagen, wie die folgende Zusammenstellung der in beiden Versuchen und den früheren beobachteten zeigt:

I.		II.		Härtere Unterlagen.	
u'	Schwingungen.	u'	Schwingungen.	u'	Schwingungen.
43′,7	0	87′,8	0	82′,9	0
34,2	885	63,5	802	68,1	770
26,0	1787	46,1	1619	56,0	1544
20,2	2698	34,8	2450	47,0	2320
17,1	3612	27,0	3292	39,5	3097
13,7	4530	21,2	4142	33,5	3874
				28,4	4652
				24,2	5431
59,4	0	81,3	0	94,3	0
32,5	987	39,3	929	65,0	772
19,5	2025	22,9	1925	46,4	1550
13,7	3095	14,0	2962	33,6	2331
				24,5	3112
				18,9	3895

Vergleicht man die aus diesen beiden Versuchen hervorgehenden Werthe von l' mit den auf den härteren Unterlagen bestimmten, so erhält man folgende Einwirkungen der Messingcylinder auf dieselben:

1ter Versuch.				2ter Versuch.			
u'		u'		u'		u'	
39′,0	$-0,^{L}2807$	46′,0	$-0,^{L}4782$	75′,7	$-0,^{L}0916$	60′,3	$-0,^{L}3693$
30,1	$-0,3154$	26,0	$-0,5584$	54,8	$-0,1186$	31,1	$-0,4858$
23,1	$-0,3331$	16,6	$-0,6069$	40,5	$-0,1489$	18,5	$-0,5530$
18,7	$-0,3390$			30,9	$-0,1738$		
15,4	$-0,3471$			24,1	$-0,1922$		

30.

Man wird gewifs nicht Pendelschwingungen auf weicheren Unterlagen beobachten, während härtere vorhanden sind, also auch nicht Gefahr laufen, so grofse Unsicherheiten in die Resultate zu bringen, als die sind, welche die Anwendung von Messingebenen und Cylindern gegeben hat. Allein dennoch halte ich die auf diesen Unterlagen gemachten Versuche für lehrreich, indem sie die Natur der Einwirkung aufklären. Es scheint zwischen den im December 1826 gemachten Versuchen auf Messingebenen, und denen auf härteren Unterlagen, kein wesentlicher Unterschied zu sein, indem auch jene Ebenen keinen bleibenden Eindruck der Schneide erhielten; der grofse Einflufs derselben wäre dann die Wirkung einer auch bei den härteren Unterlagen stattfindenden, nur bei den Messingebenen stärker hervortretenden Ursache.

Es schien mir daher der Mühe werth, der Natur der Einwirkung der Unterlagen auf die Schneiden noch weiter nachzuspüren, und namentlich durch hinreichend feine Versuche zu entscheiden, ob die Schneiden, wie man immer vorausgesetzt hat, wirklich festliegen, oder ob sie durch die Schwingungen eine kleine Bewegung erhalten. Zu diesen Versuchen wandte ich eine Vorrichtung an, welche Fig. 10. Taf. II. in halber Gröfse abgebildet ist. Das Wesentliche derselben ist eine Rolle von Stahl von 0,85 Lin. Halbmesser, an welches ein 36 Lin. langer Zeiger, mit einem Gegengewichte für die Schwere desselben versehen, befestigt ist, und welche sich um einen feinen Zapfen dreht. Wenn diese Rolle unter die Schärfe der Schneide gedrückt wird, so dafs ihre Axe sich nicht bewegen kann, so mufs sie eine Drehung annehmen, wenn die Schneide sich bewegt; diese Drehung zeigt der Zeiger 42 Mahl vergröfsert; allein wenn man gegen denselben ein Mikroskop richtet so wird die Vergröfserung noch weit stärker, und man wird auch im Stande sein, mit einem Mikrometer im Mikroskope, die Ausdehnung der Bewegung zu messen. Um die Rolle gegen die Schneide des auf seinen Unterlagen befindlichen Pendels drücken zu können, sind die Löcher für ihren Zapfen an dem kurzen Arme eines Hebels befindlich, welcher sich um zwei, auf dem Rahmen der Agatebenen oder anderen Unterlagen ruhende scharfe Spitzen dreht, während der lange Arm desselben so belastet ist, dafs die Rolle mit einem Gewichte von etwa einer Unze gegen die Schneide

drückt. Gegen den Zeiger wurde eins der Pistorschen Mikroskope gerichtet, indem es, in horizontaler Lage, auf dem Rahmen der Unterlage befestigt wurde; da man damit den Tausendsten Theil einer Linie noch deutlich erkennt, so mufste eine Bewegung der Schneide sichtbar werden, wenn sie auch nur den Vierzigtausendsten Theil einer Linie betrug. Es ist klar, dafs das Rollen der cylindrischen Schneide auf den Unterlagen, keine Verrückung des Zeigers verursachen kann; allein wenn die Schneide nicht gerade, oder vielmehr der die Rolle berührende Punkt derselben, nicht in gerader Linie, mit den auf den Lagern aufliegenden Theilen ist, so mufs eine Bewegung erfolgen, wodurch es nöthig wird, durch Veränderung der Versuche, diesen Fehler auszuschliefsen oder zu verkleinern.

Zu diesen Versuchen über die Bewegung der Schneiden während der Schwingungen des Pendels, wurde wieder das im 26sten Art. beschriebene Pendel angewandt. Ich fand auf allen Unterlagen kleine Bewegungen, immer nach der Richtung der Bewegung des Pendels: die Schneiden bewegen sich immer rechts, wenn das Pendel sich rechts bewegt und umgekehrt. Die Ausdehnung dieser Bewegung ist, den Versuchen zufolge, den Schwingungswinkeln proportional und für beide Schneiden gleich; sie schien für Agat- Glas- und Stahlebenen und für Glascylinder genau gleich, und für jeden Grad des Schwingungswinkels $u' = 0{,}^{L}00004$ zu sein; für Messingebenen $= 0{,}^{L}00033$; für Messingcylinder von 1,63 Lin. Durchmesser $= 0{,}^{L}00049$. Die sehr starke Vergröfserung unter welcher diese Bewegungen beobachtet wurden, zeigte, bei den beiden letzten Unterlagen deutlich, dafs das Maximum ihrer Schnelligkeit, mit dem Durchgange des Pendels durch die Lothlinie zusammenfällt. Die angegebenen Gröfsen aber sind weit weniger genau als man mit dem Apparate messen kann; denn es zeigten sich, vorzüglich bei den weicheren Unterlagen, Unterschiede, welche weit aufser den Grenzen der Messungsfehler lagen, so dafs z. B. bei mehreren Wiederholungen des Versuchs auf den Messingcylindern, die Bewegung für einen Grad des Schwingungswinkels $= 0{,}^{L}00034$ gefunden wurde; ich habe daher nur Mittel aus vielen Resultaten angeben können, deren jedes ohne Zweifel von der Härte und Beschaffenheit der Stelle der Unterlage abhängig war, wo die Schneide jedesmal lag.

Diese Versuche zeigen, dafs die grofsen, im vorigen Art. angeführten Einwirkungen der Messingcylinder auf die Schwingungszeiten, nicht einer

Bewegung der Schneiden zugeschrieben werden dürfen. Bezeichnet man die beobachteten Einwirkungen auf die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, in beiden Lagen des Pendels, durch i und i', so entsprechen sie, nach den oben angeführten Entfernungen des Schwerpunkts von den Schneiden, Änderungen des Mittelpunkts der Bewegung von resp. $\frac{9}{5}i$ und $-\frac{4}{5}i'$; sollten diese wirklich stattfinden, so müſste der ruhende Punkt des Pendels nicht in der Schärfe der Schneide selbst liegen, sondern für die erste Schneide $\frac{9}{5}i$ unterhalb, für die andere $\frac{4}{5}i'$ oberhalb derselben, woraus also Bewegungen der Schneiden folgen würden, welche $\frac{18}{5}i \operatorname{Sin} u'$ und $\frac{-8}{5}i' \operatorname{Sin} u'$ betragen. Beide sind ungleich kleiner beobachtet worden, die erste sogar nach der entgegengesetzten Richtung.

Auch können die beobachteten Bewegungen nicht der Unzulänglichkeit der Reibung zum Festhalten der Schneiden zugeschrieben werden. Da nämlich das Pendel ein fester Körper ist, welcher sich nicht um eine seiner freien Axen dreht, so ist eine Kraft erforderlich um seine Drehungsaxe fest zu halten; diese Kraft ist die Reibung auf den Unterlagen, allein wenn sie nicht völlig ausreichte, und daher die Bewegung der Schneiden nicht ganz aufhöbe, sondern nur auf eine kleine Quantität, im Verhältnisse $1 : \alpha$ reducirte, so würde diese übrig bleibende Bewegung immer der Schwingungsbewegung entgegengesetzt sein und den Ausdruck $-2\alpha s u'$ haben, wo s die Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide bedeutet. Sie müſste also nicht nur in der Richtung verschieden, sondern auch für beide Schneiden von ungleicher Gröſse sein; beides gegen die Erfahrung, welche also keinen Grund giebt, die Hinlänglichkeit der Reibung zum Festhalten der Axe zu bezweifeln.

Man sieht daher aus den Versuchen über die Schwingungszeiten und die Bewegung der Schneide, daſs die Unterlagen der Bewegung des Pendels eine K r a f t entgegensetzen. Allein jede Kraft welche nur auf die Schärfe der Schneide wirkt, kann keinen Einfluſs auf die Schwingungszeit haben: die Kraft muſs also aus einem Eindrucke entstehen, welchen die Schneide in die Unterlage macht, so daſs Punkte der ersteren, welche über der Schärfe liegen, mit der letzteren in Berührung kommen; oder aus einer Veränderung der Figur der Schneide durch den Druck und die Bewegung des Pendels; oder aus einer Zusammenwirkung beider Ursachen. Doch ist die zweite Ursache allein nicht hinreichend die Versuche zu erklären, indem

verschiedene Unterlagen dann gleiche Schwingungszeiten geben müfsten. Die Versuche zeigen daher, dafs die Schneide in die Unterlage einen Eindruck macht, woran aber auch aus anderen Gründen nicht gezweifelt werden kann.

Um die Art wie dieser Eindruck auf die Schwingungszeiten wirkt, näher zu untersuchen, habe ich, den in diesem Artikel angeführten Versuchen gemäfs, angenommen, dafs die Bewegung der Schneide den Schwingungswinkeln proportional ist; hieraus folgt, dafs ein Punkt in der Axe des Pendels, über der Schneide, vorhanden ist, welcher auch bei der Bewegung, in derjenigen lothrechten Ebene bleibt, in welcher die Axe des Pendels und die Schneide, im Zustande der Ruhe sich befinden. Die Entfernung dieses Punkts von der Schneide, welche ich durch h bezeichnen werde, wird durch die Ausdehnung der Bewegung der Schneide und den Schwingungswinkel bestimmt, und findet sich, aus den angeführten Angaben,

für die härteren Unterlagen = $0^{L},0012$
für Messingebenen........... 0,0095
für Messingcylinder.......... 0,0140.

Nimmt man nun an, dafs der Schneide eine Kraft Q entgegenwirkt, welche von dem Orte der Schneide auf der Unterlage abhängig ist, oder

$$Q = a^{(0)} + a^{(1)} h \text{ Sin } u + a^{(2)} h^2 \text{ Sin } u^2 + \text{u. s. w.}...$$

wo h Sin u die Entfernung der Schneide von dem Orte welchen sie bei der Ruhe des Pendels einnimmt, ist, so erhält man, der X. Beilage zufolge, die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, die dem ungestörten Pendel entsprechende $= l$ gesetzt:

$$l' = l + 2h - 2h \frac{l}{s} \left\{ \frac{1}{2} a^{(1)} h + \frac{1.3}{2.4} a^{(3)} h^3 \text{ Sin } u'^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6} a^{(5)} h^5 \text{ Sin } u'^4 + \text{u. s. w.} \right\}$$

die Abnahme des Schwingungswinkels, während einer Schwingung

$$= \frac{2h}{s} \left\{ a^{(0)} + \frac{1}{3} a^{(2)} h^2 \text{ Sin } u'^2 + \frac{1}{5} a^{(4)} h^4 \text{ Sin } u'^4 + \text{u. s. w.}...... \right\}$$

Man sieht hieraus, dafs die geraden Glieder im Ausdrucke der Kraft Q, vermöge welcher diese Kraft während der ganzen Schwingung der Bewegung entgegenwirkt, nur den Winkel ändern, auf die Zeit aber keinen Einflufs haben; dafs dagegen die ungeraden Glieder, vermöge welcher die Kraft in

der ersten Hälfte der Schwingung die Bewegung befördert, in der zweiten hindert, die Zeit, aber nicht den Winkel ändern. Die beobachtete Einwirkung der Messingebenen mufs also von den ungeraden Gliedern herrühren, indem sie nur die Zeit änderte; sie mufs ferner aus dem ersten dieser Glieder entstanden sein, indem nur dieses einen vom Schwingungswinkel unabhängigen Einflufs giebt, so wie die Versuche erfordern, welche für gröfsere und kleinere Winkel übereinstimmende Zeiten ergeben.

Die Reibung, so wie man sie anzunehmen pflegt, ist eine constante, stets entgegenwirkende Kraft und wird daher durch $a^{(0)}$ der Formel dargestellt. Diese Kraft ist aber nicht mit den Versuchen vereinbar, denn sie hat keinen merklichen Einflufs auf die Schwingungszeit, und einen viel zu grofsen auf den Winkel. Setzt man nämlich $a^{(0)} = \frac{1}{5}$, welche Gröfse man der Reibung gewöhnlich beilegt, und $h = 0,^{L}0095$ für die Messingebenen, so erhält man die Abnahme des Winkels, für beide Lagen des Pendels, $= 2,''6$ und $5,''9$, welche Zahlen so sehr viel gröfser sind als die ganze beobachtete, durch den Widerstand der Luft erklärliche Abnahme, dafs dieser Versuch der Annahme einer solchen Reibung bestimmt widerspricht.

Die Gröfse des Coefficienten $a^{(1)}$ welche angenommen werden mufs um den Versuch zu erklären, kann indessen nicht absolut bestimmt werden, sondern nur abhängig von dem ähnlichen, zu den härteren Unterlagen gehörenden Coefficienten. Wenn sich nämlich l' h, $a^{(1)}$ auf die Messingebenen, $l'_{,}$, $h_{,}$, $a^{(1)}_{,}$ auf die härteren Unterlagen beziehen, so hat man

$$l' = l + 2h - \frac{l}{s} h^2 a^{(1)}$$

$$l'_{,} = l + 2h_{,} - \frac{l}{s} h^2_{,} a^{(1)}_{,}$$

oder

$$l' - l'_{,} = 2h - 2h_{,} - \frac{l}{s} (hh\, a^{(1)} - h_{,}h_{,}\, a^{(1)}_{,})$$

Wenn man ferner das Maximum der Kraft Q, den am Anfange und am Ende der Schwingung wirkenden Werth derselben, für beide Arten der Unterlagen, durch Q' und $Q'_{,}$, bezeichnet, so hat man

$$Q' = a^{(1)} h \text{ Sin } u' ; \quad Q'_{,} = a^{(1)}_{,} h_{,} \text{ Sin } u'$$

und wenn man $a^{(1)}$ und $a^{(1)}_{,}$ hierdurch eliminirt,

$$\frac{h}{h - h_{,}} Q' - \frac{h_{,}}{h - h_{,}} Q'_{,} = \frac{s}{l} \left\{ \frac{l'_{,} - l'}{h - h_{,}} + 2 \right\} \text{Sin } u'$$

Giebt man den im December 1826 gemachten Versuchen auf Messingebenen, den Vorzug vor den späteren, indem jene die Störung der Schwingungszeit zeigten, ohne dafs die Oberfläche der Ebenen einen bleibenden Eindruck erhielt, was bei den späteren nicht der Fall war, so hat man für beide Lagen des Pendels

$l'_{,}-l'$	$+\,0,^{L}0280$;	$+\,0,^{L}0625$
s	305,3 ;	135,7
h	0,0095 ;	0,0095
$h_{,}$	0,0012 ;	0,0012

woraus also

$$\frac{95}{83}\,Q' - \frac{12}{83}\,Q'_{,} = 3{,}7 \text{ Sin } u' \quad \text{und} \quad 3{,}0 \text{ Sin } u'$$

hervorgeht; man sieht hieraus, dafs die Kraft welche man annehmen mufs um den Versuch zu erklären, selbst bei Schwingungswinkeln von $1\frac{1}{2}°$, noch nicht den zehnten Theil der Schwere beträgt, also auch weit unter der Gröfse bleibt, welche man der Reibung beizulegen pflegt. Ich bemerke übrigens, dafs unter Q die Summe aller, auf die Schneide reducirten Kräfte verstanden werden kann, und dafs nicht gerade angenommen zu werden braucht, dafs nur die Schärfe derselben einer Kraft ausgesetzt ist.

Durch diese Rechnung wollte ich zeigen, dafs einerseits die gewöhnliche Reibung weder die Versuche erklärt, noch damit vereinbar ist, andererseits aber die Annahme einer sehr grofsen Kraft, zu ihrer Erklärung nicht nöthig ist. Es scheint also, dafs die Schneide, bei sehr kleinen Bewegungen, keine Reibung erfährt, sondern nur diejenige Kraft, welche aus der Verschiebung der Theile der Unterlage mit welchen sie, während ihrer sehr kleinen Bewegung, in Berührung bleibt, dadurch entsteht, dafs die Elasticität der Unterlage die verschobenen Theile wieder auf ihren ursprünglichen Ort zurückzuführen strebt. Sobald aber die Bewegung so grofs wird, dafs $a^{(1)}h$ Sin u' gröfser wird als $\frac{1}{5}$, so mufs die gewöhnliche Reibung eintreten. Alle Erscheinungen welche die Reibung darbietet, scheinen mit der Annahme vereinbar zu sein, dafs dieselbe aus den Eindrücken entsteht, welche die Oberflächen der sich reibenden Körper ineinander machen, und welche bei der Bewegung ihren Ort verändern; Rauhigkeit der Oberflächen vergröfsert Ursache und Wirkung.

Die Erscheinungen welche die Schwingungen auf Oberflächen darbieten, welche bleibende Eindrücke durch die Schneide erhalten, sind von den

hier untersuchten verschieden; auf Messingcylindern fand sich z. B. eine Änderung der Schwingungswinkel, und eine Abhängigkeit der Schwingungszeit von diesen Winkeln. Es müssen also hier die höheren Glieder des Ausdrucks der Kraft merklich werden; allein die Erscheinung wird dadurch so zusammengesetzt, dafs vermuthlich nichts allgemein anwendbares daraus gefolgert werden kann, und daher diese Versuche nur bemerkenswerth sind, weil sie eine stärker hervortretende Bestätigung davon geben, dafs Einwirkungen welche auf einen sehr kleinen Raum beschränkt sind, dennoch beträchtlichen Einflufs auf die Bewegung eines Pendels erlangen können.

Nimmt man das was ich über die Einwirkung der Unterlagen auf die Bewegung gesagt habe, zusammen, so scheint daraus hervorzugehen, dafs die Schneide (indem sie sich in die Unterlage eindrückt, auch vielleicht Theile derselben über ihre ursprüngliche Oberfläche erhöhet, und dadurch, bei der Bewegung des Pendels, eine Bewegung der Materie der Unterlage erzeugt) sich nicht um ihre Schärfe, sondern um einen höheren oder niedrigeren Punkt dreht, je nachdem niedrigere oder höhere Theile der Unterlage leichter ausweichen. Dafs das erstere der Fall sei, deuten die Versuche an, indem man nicht wird annehmen können, dafs die Schneide noch beträchtlich über das oben bestimmte h hinaus, mit der Unterlage in Berührung ist.

31.

Ich habe geglaubt, bei diesen Erscheinungen etwas länger verweilen zu dürfen, indem sich daraus die bemerkenswerthe Folgerung ergiebt, dafs das Resultat eines Pendels mit reciproken Axen, von der Einwirkung der Unterlagen nur in sofern abhängig ist, als sie den Punkt um welchen es sich drehet, etwas erhöht. Wie auch die in der Nähe des Drehungspunkts wirkenden Kräfte beschaffen sein mögen, so ist ihr Einflufs auf die entsprechende Pendellänge, stets der Entfernung des Schwerpunkts von der Schneide umgekehrt proportional; oder man hat, durch die Schwingung um die erste Schneide

$$l' = l + 2h - 2h\,\frac{l}{s}\cdot A$$

und um die zweite

$$l'_{,} = l_{,} + 2h_{,} - 2h_{,}\,\frac{l_{,}}{s_{,}}\cdot A$$

Wenn man aber die Schwingungszeiten um beide Schneiden gleich macht, und für l und $l_,$ ihre Ausdrücke:

$$l = \frac{\mu + ss}{s},\quad l_, = \frac{\mu + s_, s_,}{s_,}$$

setzt, so folgt aus beiden Gleichungen

$$l' = s + s_, + h + h_, + \left(\frac{s + s_, - 2lA}{s - s_,}\right)(h - h_,)$$

Ich habe hier nicht angenommen, daſs h und $h_,$, gleich seien; sind sie gleich, so verschwindet das letzte Glied unmittelbar, sind sie ungleich, so verschwindet es durch eine Wiederholung der Versuche mit verwechselten Schneiden. Indem man das Pendel so einrichtet, daſs die Schneiden mit einander vertauscht werden können, erlangt man also, auſser dem im 25sten Art. erwähnten Vortheile, auch die möglichst vollständige Befreiung des Resultats von der Einwirkung der Unterlage.

Ich werde jetzt noch zeigen, wie das Pendel mit reciproken Axen, von welchem Herr Bohnenberger die Ehre der Erfindung, Herr Kater aber die Ehre der ausgezeichnetsten Anwendung besitzt, meiner Meinung nach eingerichtet werden muſs, damit alle Schwierigkeiten so viel als möglich beseitigt werden. Es muſs dasselbe, der äuſseren Figur nach symmetrisch construirt werden, also, da es der Masse nach nicht symmetrisch sein darf, zwei gleich groſse und gegen die Schneiden gleich gestellte Linsen an einer Stange besitzen, deren eine mit Metall gefüllt, die andere hohl ist. Durch diese Einrichtung geht die Einwirkung der Luft aus der Rechnung, so daſs der Stand der meteorologischen Instrumente nur in sofern in Betracht kömmt, als er sich zwischen zusammengehörigeu Versuchen ändert. In der That ist, nach dem 13ten Art., die entsprechende einfache Pendellänge für die Schwingung um die erste Schneide

$$l = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K + ss}{s\left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s'}{s}\right)},$$

für die andere, unter der Voraussetzung daſs beide Schwingungszeiten gleich gemacht worden sind, und daſs die Dichtigkeit der Luft gleich geblieben ist,

$$l = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K_, + s_, s_,}{s_,\left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s'_,}{s_,}\right)}.$$

Allein, wegen der Symmetrie der Construction ist $K_, = K$, $s'_, = s' = \frac{1}{2}(s + s_,)$, also

$$ls - \frac{m'}{m} l \cdot \frac{s + s_,}{2} = \mu + \frac{m'}{m} K + ss$$

$$ls_, - \frac{m'}{m} l \cdot \frac{s + s_,}{2} = \mu + \frac{m'}{m} K + s_, s_,$$

woraus man

$$l = s + s_,$$

also unabhängig von der Einwirkung der Luft erhält.

Ferner müssen die Schneiden so eingerichtet werden, daſs sie mit einander verwechselt werden können. Dadurch verschwindet der Einfluſs der cylindrischen Figur derselben völlig, so wie auch die Einwirkung der Unterlagen, selbst wenn sie für beide Schneiden verschieden ist, wie dieses, nach der Erfahrung des Herrn Sabine, für möglich gehalten werden muſs. Das Mittel aus Versuchen vor und nach der Verwechselung der Schneiden, giebt die Länge des gleichzeitig schwingenden Pendels $= s + s_, + h + h_,$, wo h und $h_,$, welche übrigens für harte Unterlagen sehr klein sind, durch die im vorigen Artikel beschriebene Einrichtung bestimmt werden können.

Endlich würde ich vorziehen, das bewegliche Gewicht wegzulassen, allein das Pendel so zu construiren, daſs die Schwingungszeiten in der Luft, um beide Schneiden nahe gleich werden, welches dadurch geleistet werden kann, daſs man die Stange, an welcher die Schneiden und die Linsen befindlich sind, anfänglich etwas zu lang läſst, und sie dann an beiden Enden symmetrisch, so lange abkürzt, bis die Gleichheit der Schwingungszeiten nahe stattfindet. Nennt man die beiden Schwingungszeiten, welche das Pendel in der Luft hat, auf eine gleiche Temperatur des Pendels und auf unendlich kleine Winkel reducirt, t und $t_,$, so hat man im Mittel aus allen Versuchen, vor und nach der Verwechselung der Schneiden

$$\lambda tt = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K\delta + ss}{s\left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s + s_,}{2s} \cdot \delta\right)}$$

$$\lambda t_, t_, = \frac{\mu + \frac{m'}{m} K\delta_, + s_, s_,}{s_,\left(1 - \frac{m'}{m} \cdot \frac{s + s_,}{2s_,} \cdot \delta_,\right)}$$

wo δ und $\delta_{,}$ die Dichtigkeiten der Luft, die bei der Berechnung von m' zum Grunde gelegte zur Einheit angenommen, bezeichnen. Hieraus folgt

$$\lambda\left\{tt\,.\,s - tt\cdot\frac{m'}{m}\cdot\frac{s+s_{,}}{2}\cdot\delta\right\} = \mu + \frac{m'}{m}K\delta + ss$$

$$\lambda\left\{t_{,}t_{,}\,.\,s_{,} - t_{,}t_{,}\cdot\frac{m'}{m}\cdot\frac{s+s_{,}}{2}\cdot\delta_{,}\right\} = \mu + \frac{m'}{m}K\delta_{,} + s_{,}s_{,}$$

und wenn man beide Gleichungen von einander abzieht und durch $s - s_{,}$ dividirt

$$\lambda\left\{\frac{tt+t_{,}t_{,}}{2} + \frac{1}{2}\cdot\frac{s+s_{,}}{s-s_{,}}\left(tt\left(1-\frac{m'}{m}\delta\right) - t_{,}t_{,}\left(1-\frac{m'}{m}\delta_{,}\right)\right)\right\}$$

$$= s + s_{,} + \frac{m'}{m}K\frac{(\delta-\delta_{,})}{s-s_{,}}\;;$$

das letzte Glied dieses Ausdrucks bleibt unbekannt, allein wenn zwei zusammengehörige Versuche stets bald nach einander gemacht werden, so wird $\delta - \delta_{,}$ sehr klein sein, in welchem Falle man dieses Glied vernachläſsigen kann. Will man aber K selbst kennen lernen, so wird man es, aus den bei sehr verschiedenen Barometer- und Thermometerständen beobachteten Schwingungszeiten um jede der Schneiden, mit der zur Berechnung des letzten Gliedes hinreichenden Annäherung erhalten. Wenn man noch die aus h und $h_{,}$ hervorgehende Verbesserung anbringt, so erhält man hieraus:

$$\lambda = \frac{s + s_{,} + h + h_{,} + \frac{m'}{m}K\cdot\frac{(\delta-\delta_{,})}{s-s_{,}}}{\frac{tt+t_{,}t_{,}}{2} + \frac{1}{2}\cdot\frac{s+s_{,}}{s-s_{,}}\left\{tt\left(1-\frac{m'}{m}\delta\right) - t_{,}t_{,}\left(1-\frac{m'}{m}\delta_{,}\right)\right\}}$$

Durch die Weglassung des beweglichen Gewichts wird man genöthigt, die Entfernung des Schwerpunkts des Pendels von beiden Schneiden zu bestimmen; allein da man t und $t_{,}$ willkürlich nahe gleich machen kann, so wäre hier eine rohe Annäherung hinreichend, obgleich es leicht ist, Mittel anzuwenden, wodurch man den Schwerpunkt sehr nahe richtig erhält. Der Vortheil den man dadurch erlangt, ist, daſs alle Versuche mit demselben Pendel genau vergleichbar werden, und daſs man die Schwierigkeit vermeidet, welche entsteht, wenn die anfängliche Berichtigung des beweglichen Gewichts, sich in der Folge der Versuche nicht vollständig bewährt. Ein solches Pendel, jedoch mit völlig befestigten Schneiden, mögte auch vor-

theilhafter als die bisher üblichen sein, wenn es darauf ankömmt, die Schwere an verschiedenen Orten zu vergleichen.

Das so eingerichtete Pendel leistet dasselbe, was ich durch meinen Apparat, auf einem ganz verschiedenen Wege, erhalten habe, in sofern nämlich dadurch die Unsicherheit über den Mittelpunkt der Bewegung, und die aus der Bewegung in der Luft entstehende Schwierigkeit, aus dem Resultate geschafft werden. Allein ob man wagen darf, nach der Entdeckung des Herrn Arago, dafs auch nicht eisenhaltige Substanzen magnetische Wirkungen äufsern, ein Pendel welches aus einer Stange construirt ist, anzuwenden, ist eine Frage, deren Beantwortung der Entdecker dieser merkwürdigen Eigenschaft vielleicht ertheilt: man könnte das Pendel mit der drehenden Scheibe von Messing in Herrn Arago's Versuchen, und den Erdmagnetismus mit der Nadel vergleichen, welche durch die Drehung in Bewegung gesetzt wurde. Dafs dieselbe Ursache auf ein Pendel, welches aus einer Kugel besteht, deren Durchmesser, vergleichungsweise mit der Länge des Fadens an welchem sie schwingt, sehr klein ist, einen merklichen Einflufs haben könnte, ist mir nicht denkbar. Die Versuche aus welchen Newton die Gleichheit der Schwere für alle irdischen Substanzen schlofs, hoffe ich, mit dem Apparate auf welchen meine Bestimmung der Pendellänge beruht, sehr bald zu wiederholen, um dadurch das Stattfinden dieser wichtigen Eigenschaft strenger zu prüfen.

Beilage I.

Bewegung eines, sich von einem horizontalen Cylinder abwickelnden Pendels.

1.

Durch die Axe des Abwickelungs-Cylinders lege man eine horizontale und eine verticale Ebene, und bezeichne die Entfernungen eines Punkts der durch die Abwickelung des Fadens entstehenden Curve, von der ersten Ebene durch x, von der anderen durch y; ferner den Winkel des Fadens mit der zweiten Ebene, durch u; seine Länge, von dem Berührungspunkte mit dem Cylinder an gerechnet, durch r; den Werth von r für $u=0$ durch ϱ; den Halbmesser des Cylinders durch a. Dann hat man, wenn man u nach der Richtung nach welcher der Faden sich abwickelt, positiv annimmt,

$r = \varrho + au$

$$x = (\varrho + au) \text{ Cos } u - a \text{ Sin } u$$
$$y = (\varrho + au) \text{ Sin } u + a \text{ Cos } u.$$

Wenn λ die Länge des einfachen Secundenpendels bedeutet und die Zeit t in mittleren Secunden ausgedrückt wird, so ist die Differentialgleichung der Bewegung eines Punktes auf einer vorgeschriebenen Curve bekanntlich

$$c = \frac{dx^2 + dy^2}{dt^2} - 2\pi^2 \lambda . x$$

für unsern Fall also

$$c = (\varrho + au)^2 \left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2 \lambda . \{(\varrho + au) \text{ Cos } u - a \text{ Sin } u\} ;$$

und wenn man den Winkel bei welchem die Schwingung anfängt, durch $-u'$ bezeichnet:

$$(\varrho + au)^2 \left(\frac{du}{dt}\right)^2 = 2\pi^2 \lambda \{ (\varrho + au) \text{ Cos } u - a \text{ Sin } u - (\varrho - au') \text{ Cos } u' - a \text{ Sin } u'\} \ldots\ldots (1)$$

2.

Die Untersuchungen über die Einwirkung störender Ursachen auf die Bewegung eines Pendels, erfordern meistentheils, dafs man diese Bewegung aus einer Differentialgleichung von der Form:

$$c = (1 + 2f'u)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2nn\,\{\mathrm{Cos}\,u + fu\}$$

bestimme, in welcher $f'u$, fu Functionen von u, von der Ordnung der störenden Ursache sind. Ich werde daher, bei dieser Gelegenheit, die Bewegung entwickeln, welche eine Folge dieser Gleichung ist, unter der Voraussetzung, daſs man die Annäherung nicht über die erste Ordnung von fu und $f'u$ hinaustreibt.

Die Winkelgeschwindigkeit des Pendels verschwindet, wenn

$$0 = c + 2nn\,(\mathrm{Cos}\,u + fu)$$

ist; am Anfange einer Schwingung ist dieses der Fall, und das u welches dem Ende derselben entspricht, ist eine zweite Wurzel dieser Gleichung. Nennt man die erstere $= -u'$, die andere $= u' - \delta u'$, so erhält man

$$\delta u' = \frac{f(-u') - fu'}{\mathrm{Sin}\,u'}\,; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

denselben Werth, mit entgegengesetzten Zeichen, erhält man für die entgegengesetzte Schwingung. Die Winkel bleiben also ungeändert; ihr Ausdruck durch den beobachteten Schwingungswinkel, d. i. durch die halbe Summe beider Entfernungen des Pendels von der Lothlinie $= u''$, ist

$$\text{für die negative Grenze} = -u'' - \frac{f(-u') - fu'}{\mathrm{Sin}\,u'}$$

$$\text{für die positive Grenze} = u'' + \frac{f(-u') - fu'}{\mathrm{Sin}\,u'}$$

Dieses setzt voraus, daſs fu von der Richtung der Bewegung unabhängig ist; ist dieses nicht der Fall, sondern ist es eine zweiförmige Function, welche für beide Richtungen der Bewegung einen verschiedenen Ausdruck erhält, so findet die Unveränderlichkeit der Winkel nicht statt.

Um die Relation zwischen t und u zu erhalten, führe ich einen neuen Winkel ϕ ein, so daſs $\mathrm{Cos}\,u + fu$ dem Producte des Cosinus dieses Winkels in eine Constante gleich wird. Damit ϕ immer möglich bleibe und auch $= 0$ werden könne, ist es erforderlich, daſs die Constante das Maximum von $\mathrm{Cos}\,u + fu$, oder, in Gröſsen von der Ordnung von fu richtig, $= 1 + f0$ ist. Man hat also

$$(1 + f0)\,\mathrm{Cos}\,\phi = \mathrm{Cos}\,u + fu,$$

woraus

$$u = \phi + \frac{f\phi - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,\phi}{\mathrm{Sin}\,\phi}$$

folgt. Setzt man dieses in die Differentialgleichung, so verwandelt sie sich in

$$(1 + 2f'\phi)\left\{\frac{d\phi + d\,\dfrac{f\phi - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,\phi}{\mathrm{Sin}\,\phi}}{dt}\right\}^2 = 2nn\,(1 + f0)\,\{\mathrm{Cos}\,\phi - \mathrm{Cos}\,\phi'\}$$

Nimmt man auf beiden Seiten des Gleichheitszeichens die Quadratwurzel, so erhält man

$$dt = \pm\frac{d\phi}{n\sqrt{(2\,\mathrm{Cos}\,\phi - 2\,\mathrm{Cos}\,\phi')}} \pm \frac{(f'\phi - \tfrac{1}{2}f0)\,d\phi + d\,\dfrac{f\phi - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,\phi}{\mathrm{Sin}\,\phi}}{n\sqrt{(2\,\mathrm{Cos}\,\phi - 2\,\mathrm{Cos}\,\phi')}}$$

wo das obere Zeichen für Schwingungen in positiver Richtung gilt, das untere für entgegengesetzte.

Das Integral dieses Differentials, von $\mp\phi'$ bis $\pm\phi'$ genommen, ist die Dauer einer ganzen Schwingung; will man sie von dem beobachteten Schwingungswinkel u'' abhängig machen, so hat man, nach vollendeter Integration, ϕ' durch u'' auszudrücken, wodurch man erhält

$$-\phi' = -u' + \frac{f(-u') - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u'}{\mathrm{Sin}\,u'} = -u'' - \frac{2f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u' - fu' - f(-u')}{2\,\mathrm{Sin}\,u'}$$

$$\phi' = u' - \frac{fu' - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u'}{\mathrm{Sin}\,u'} = u'' + \frac{2f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u' - fu' - f(-u')}{2\,\mathrm{Sin}\,u'}$$

Das erste Glied des Integrals ist bekanntlich

$$= \frac{\pi}{n}\left\{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,\phi'^2 + \left(\frac{1\,.\,3}{2\,.\,4}\right)^2 \mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,\phi'^4 + \dots\right\} = \frac{\pi}{n}\,F\phi'\,;$$

also, durch u'' ausgedrückt

$$= \frac{\pi}{n}\left\{Fu'' + \frac{dFu''}{du''}\,.\,\frac{2f0\,\mathrm{Cos}\,u' - fu' - f(-u')}{2\,\mathrm{Sin}\,u'}\right\}\,;$$

in dem zweiten, welches von der Ordnung der störenden Ursache ist, kann u für ϕ geschrieben werden. Man erhält dadurch den Ausdruck der, für entgegengesetzte Richtungen der Bewegung gleichen Schwingungszeit:

$$= \frac{\pi}{n}\left\{Fu'' + \frac{dFu''}{du''}\,.\,\frac{2f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u' - fu' - f(-u')}{2\,\mathrm{Sin}\,u'}\right\}$$
$$+ \frac{1}{n}\int\frac{(f'u - \tfrac{1}{2}f0)\,du + d\,\dfrac{fu - f0\,.\,\mathrm{Cos}\,u}{\mathrm{Sin}\,u}}{\sqrt{(2\,\mathrm{Cos}\,u - 2\,\mathrm{Cos}\,u')}} \quad \dots\dots\dots\dots (3)$$

wo das Integral von $-u'$ bis $+u'$ genommen wird.

3.

Wenn die Schwingungen sehr klein sind, wie es bei den Beobachtungen der Pendel der Fall ist, so wird man die Producte der Störungen in die höheren Potenzen von u' meistentheils vernachläfsigen dürfen; wenn man für fu und $f'u$ die Formen

$$fu = \alpha + \alpha' \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u + \alpha'' \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^2 + \text{u. s. w.}$$
$$f'u = \beta + \beta' \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u + \beta'' \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^2 + \text{u. s. w.}$$

annimmt, und die Producte der Coefficienten dieser Reihen in die über das Quadrat hinausgehenden Potenzen von u' vernachläfsigt, so findet man:

$$\frac{2f0 \,.\, \operatorname{Cos} u' - fu' - f(-u')}{2} = -(2\alpha + \alpha'') \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2$$

$$f'u - \tfrac{1}{2} f.0 + \frac{d\left(\frac{fu - f0 \,.\, \operatorname{Cos} u}{\operatorname{Sin} u}\right)}{du} = \beta + \frac{\alpha''}{4} + \left(\beta' + \frac{\alpha'}{4} + \frac{\alpha'''}{2}\right) \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u$$
$$+ \left(\beta'' + \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha''}{4} + \frac{3\alpha''''}{4}\right) \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^2$$

und hieraus den, bis zu der angegebenen Grenze vollständigen Ausdruck der Schwingungszeit:

$$= \frac{\pi}{n} \left\{ Fu'' \left(1 + \beta + \frac{\alpha''}{4}\right) + \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2 \left(\frac{\beta''}{2} + \frac{3\alpha''''}{8}\right) \right\}$$

Nennt man die Länge des einfachen Pendels, welches mit dem hier betrachteten gleichzeitig, von $-u''$ bis $+u''$, schwingt $= l$, so ist

$$\frac{l}{\lambda} (Fu'')^2 = \frac{\pi\pi}{nn} \left\{ Fu'' \left(1 + \beta + \frac{\alpha''}{4}\right) + \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2 \left(\frac{\beta''}{2} + \frac{3\alpha''''}{8}\right) \right\}^2$$

woraus

$$l = \frac{\pi^2 . \lambda}{nn} \left\{ 1 + 2\beta + \frac{\alpha''}{2} + \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u'^2 \left(\beta'' + \frac{3\alpha''''}{4}\right) \right\} \cdots\cdots (4)$$

folgt.

4.

Für das Pendel, dessen Bewegung hier betrachtet werden sollte, ist (1)

$$f'u = \frac{\alpha}{\varrho} \left\{ 2 \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u + \tfrac{1}{3} \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^3 + \cdots \right\}$$
$$fu = \frac{\alpha}{\varrho} \left\{ \tfrac{1}{3} \operatorname{Sin} \tfrac{1}{2} u^3 + \cdots \right\}$$
$$nn = \frac{\pi^2 \lambda}{\varrho}$$

also $\beta = \beta'' = \alpha'' = \alpha'''' = o$, und daher

$$l = \varrho$$

oder es vollendet eine ganze Schwingung in derselben Zeit, in welcher ein vom Mittelpunkte des Abwickelungs-Cylinders eben so tief herabhängendes einfaches Pendel sie vollenden würde.

Beilage II.

Einflufs der Federkraft des Fadens auf seine Figur und die Schwingungszeit des Pendels.

1.

Ich werde zuerst die Figur bestimmen, welche ein nicht völlig biegsamer Faden von gegebener Länge ($= S$) annimmt, wenn er am oberen Ende befestigt ist, dann über einen horizontalen, festen Cylinder (dessen Halbmesser $= a$) geht, und am unteren Ende durch eine Kraft ($= T''$) gezogen wird, welche mit der Lothlinie einen Winkel ω'' macht.

Den Mittelpunkt des Cylinders nehme ich zum Anfangspunkte der Coordinaten x und y, und zwar bezeichnet die erste die Entfernung eines Punkts von der durch den Mittelpunkt des Cylinders gelegten horizontalen Linie, die andere die Entfernung von der Lothlinie durch denselben Mittelpunkt; die erstere ist unterwärts positiv, die andere auf der Seite auf welcher der Faden den Cylinder berührt. Für den festen Anfangspunkt sind die Coordinaten x' und y', für den Endpunkt x'' und y''. Der Winkel des Fadens mit der Lothlinie wird allgemein durch ϕ, also für den Anfang und das Ende derselben durch ϕ' und ϕ'' bezeichnet.

Nach dem Principe der virtuellen Geschwindigkeiten ist die charakteristische Eigenschaft der Figur, welche der Faden im Gleichgewicht annimmt, dafs, wenn man diese Figur unendlich wenig variirt (so dafs die Variation mit den Bedingungen verträglich bleibt, welchen die Figur entsprechen soll) und nun die auf jeden Punkt wirkende Kraft, in die auf ihre Richtung bezogene Variation des Punkts multiplicirt, die Summe aller dieser Producte verschwindet. Die hierauf gegründete Methode, welche Lagrange in der unsterblichen *Mécanique analytique* gegeben hat, werde ich hier anwenden.

2.

Die Federkraft des Fadens kann als eine Kraft angesehen werden, welche verschwindet wenn der Faden gerade ist, und welche die Krümmung zu vermindern sucht wenn er krumm ist. Nach den im 1ten Art. eingeführten Bezeichnungen, sucht also diese Kraft ($=E$) die Veränderung des Winkels ϕ, an jedem Punkte des Fadens, zu vermindern. Wenn man daher diesen Winkel in der variirten Curve durch $\phi + \delta\phi$ bezeichnet, also seine Veränderungen in der Curve des Gleichgewichts und in der variirten durch $d\phi$ und $d\phi + d\delta\phi$, so ist das Product der Kraft in die auf ihre Richtung bezogene Variation $= E\, d\delta\phi$, und daher die Summe aller dieser Produkte

$$= \int E\, d\delta\phi.$$

Ich werde auch den Anfangspunkt des Fadens als frei, und der Einwirkung einer Kraft ausgesetzt annehmen, welche der Kraft womit der Faden den Befestigungspunkt zieht, gleich, aber in entgegengesetzter Richtung angebracht ist. Diese unbekannte Kraft bezeichne ich durch T' und den gleichfalls unbekannten Winkel den sie mit der Lothlinie macht durch $180° + \omega'$. Aus dieser Kraft und der am Ende des Fadens, im Winkel ω'' wirkenden Kraft T'', erhält man die Kräfte nach der Richtung

$$\text{der } x \ldots\ldots - T' \operatorname{Cos} \omega' \text{ und } T'' \operatorname{Cos} \omega''$$
$$\text{der } y \ldots\ldots - T' \operatorname{Sin} \omega' \text{ und } T'' \operatorname{Sin} \omega''$$

und diese, in die Variationen der Coordinaten multiplicirt, ergeben Producte welche der oben schon gefundenen Summe hinzugefügt, die vollständige Bedingungsgleichung des Gleichgewichts geben. Man hat diese daher:

$$o = - T' \operatorname{Cos} \omega' \delta x' - T' \operatorname{Sin} \omega' . \delta y' + T'' \operatorname{Cos} \omega'' . \delta x'' + T'' \operatorname{Sin} \omega'' . \delta y'' + \int E d\delta\phi \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

In dieser Gleichung müssen die Variationen so genommen werden, daſs sie den Bedingungen nicht zuwider sind, welchen die Figur des Fadens entsprechen muſs. Die erste dieser Bedingungen ist, daſs die Coordinaten x und y in der Curve des Gleichgewichts, und die Coordinaten $x + \delta x$ und $y + \delta y$ in der variirten, einem und demselben Punkte des Fadens entsprechen, oder daſs die Länge des Fadens, vom Anfange desselben bis zu diesem Punkte, in beiden Curven gleich ist; diese Bedingung giebt daher:

O

$$\int \sqrt{(dx^2 + dy^2)} = \int \sqrt{\{(dx + d\delta x)^2 + (dy + d\delta y)^2\}},$$

oder, wenn ds das Differential der Länge bezeichnet,

$$0 = \int \left\{ \frac{dx}{ds} \, d\delta x + \frac{dy}{ds} \, d\delta y \right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Die andere Bedingung erfordert, daſs beide Curven die Oberfläche des Cylinders berühren, oder daſs für die den Curven und der Oberfläche des Cylinders gemeinschaftlichen Punkte

$$aa = xx + yy = (x + \delta x)^2 + (y + \delta y)^2$$

sei, woraus für diese Punkte die Bedingungsgleichung

$$0 = x\delta x + y\delta y \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

folgt.

3.

Da der Gleichung (2) in der ganzen Ausdehnung des Fadens Genüge geleistet werden muſs, so kann man sie mit der Gleichung (1) vereinigen, indem man sie, unter dem Integralzeichen, mit einem unbestimmten Faktor λ multiplicirt, und das Product der Gleichung (1) hinzufügt; man erhält dadurch:

$$0 = -T' \operatorname{Cos} \omega' \delta x' - T' \operatorname{Sin} \omega' \delta y' + T'' \operatorname{Cos} \omega'' \delta x'' + T'' \operatorname{Sin} \omega'' \delta y''$$
$$+ \int \left\{ E d\delta\phi + \lambda \frac{dx}{ds} \, d\delta x + \lambda \frac{dy}{ds} \, d\delta y \right\} \ldots (4)$$

Um nun $d\delta\phi$ durch die Coordinaten x und y auszudrücken, hat man

$$\operatorname{Cos} \phi = \frac{dx}{ds}; \quad \operatorname{Cos} (\phi + \delta\phi) = \frac{dx + d\delta x}{ds}$$

$$\operatorname{Sin} \phi = \frac{dy}{ds}; \quad \operatorname{Sin} (\phi + \delta\phi) = \frac{dy + d\delta y}{ds}$$

woraus

$$\delta\phi = \frac{dx . d\delta y - dy . d\delta x}{ds^2}$$

folgt. Hierdurch verwandelt sich die Gleichung (4) in

$$0 = -T' \operatorname{Cos} \omega' \delta x' - T' \operatorname{Sin} \omega' . \delta y' + T'' \operatorname{Cos} \omega'' \delta x'' + T'' \operatorname{Sin} \omega'' \delta y''$$
$$+ \int \left\{ E d \cdot \frac{dx . d\delta y}{ds^2} - E \cdot d \cdot \frac{dy \, d\delta x}{ds^2} + \lambda \frac{dx}{ds} \, d\delta x + \lambda \frac{dy}{ds} \, d\delta y \right\}$$

und ergiebt, nach gehöriger Integration,

$$0 = -T' \operatorname{Cos} \omega' \delta x' - T' \operatorname{Sin} \omega' \delta y' + T'' \operatorname{Cos} \omega''. \delta x'' + T'' \operatorname{Sin} \omega'' \delta y''$$
$$+ E\left\{\frac{dx.d\delta y - dy.d\delta x}{ds^2}\right\} + \delta x\left\{\frac{dy.dE}{ds^2} + \lambda\frac{dx}{ds}\right\} - \delta y.\left\{\frac{dx.dE}{ds^2} - \lambda\frac{dy}{ds}\right\}$$
$$-\int \delta x\left\{d.\frac{dy.dE}{ds^2} + d.\lambda\frac{dx}{ds}\right\} + \int \delta y\left\{d.\frac{dx.dE}{ds^2} - d.\lambda\frac{dy}{ds}\right\} .. (5)$$

wo die aufser dem Integralzeichen stehenden Glieder für beide Endpunkte des Fadens genommen werden müssen.

4.

Die beiden Glieder unter dem Integralzeichen, müssen, für Theile des Fadens, welche nicht mit dem Cylinder in Berührnng sind, abgesondert verschwinden, indem sowohl δx als δy willkürlich bleiben müssen. Man hat daher für die freien Theile des Fadens:

$$0 = d.\frac{dy.dE}{ds^2} + d.\lambda\frac{dx}{ds}$$
$$0 = d.\frac{dx.dE}{ds^2} - d.\lambda\frac{dy}{ds}$$

und durch Integration dieser Gleichungen,

$$c = \frac{dy.dE}{ds^2} + \lambda\frac{dx}{ds}$$
$$c' = \frac{dx.dE}{ds^2} - \lambda\frac{dy}{ds}$$

woraus unmittelbar folgt:

$$\lambda = c\frac{dx}{ds} - c'\frac{dy}{ds} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$
$$\frac{dE}{ds} = c\frac{dy}{ds} + c'\frac{dx}{ds} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

und wenn man die letzte Gleichung integrirt,

$$E = cy + c'x + c'' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

Für die Theile des Fadens welche den Cylinder berühren, fallen die Bedingungen des freien Gleichgewichts weg; und da die Berührung mit dem Cylinder auch die Variation von ϕ verhindert, so bleibt von der Gleichung (5), in Beziehung auf diese Theile, nur

$$0 = \delta x \left\{ d \cdot \frac{dy.dE}{ds^2} + d.\lambda \frac{dx}{ds} \right\} - \delta y \left\{ d \cdot \frac{dx.dE}{ds^2} - d.\lambda \frac{dy}{ds} \right\}$$

übrig. Allein die Bedingungsgleichung (3) giebt die Relation von δx und δy für diese Theile, und mit ihrer Anwendung verwandelt sich die eben gegebene Gleichung in

$$0 = yd \cdot \frac{dy.dE}{ds^2} + xd \cdot \frac{dx.dE}{ds^2} + y.d.\lambda \frac{dx}{ds} - x.d.\lambda \frac{dy}{ds}$$

Führt man die hier angedeuteten Differentiationen aus, und setzt man dabei, der Oberfläche des Cylinders gemäfs:

$$0 = xdx + ydy\,; \quad 0 = dx^2 + dy^2 + xd^2x + yd^2y$$

so erhält man aus dieser Gleichung, also gültig für die Theile des Fadens welche den Cylinder berühren,

$$0 = dE - ad\lambda\,,$$

oder wenn d eine willkürliche Constante ist,

$$d = E - a\lambda \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

5.

Die Glieder der Gleichung (5), welche sich auf den Anfangspunkt und den Endpunkt des Fadens beziehen, ergeben die beiden Gleichungen:

$$\begin{aligned} 0 = E' \left\{ \frac{dx'.d\delta y' - dy'.d\delta x'}{ds^2} \right\} &+ \delta x' \left\{ -T' \operatorname{Cos} \omega' + \frac{dy'.dE'}{ds^2} + \lambda' \frac{dx'}{ds} \right\} \\ &+ \delta y' \left\{ -T' \operatorname{Sin} \omega' - \frac{dx'.dE'}{ds^2} + \lambda' \frac{dy'}{ds} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 = E'' \left\{ \frac{dx''.d\delta y'' - dy''.d\delta x''}{ds^2} \right\} &+ \delta x'' \left\{ T'' \operatorname{Cos} \omega'' + \frac{dy''.dE''}{ds^2} + \lambda'' \frac{dx''}{ds} \right\} \\ &+ \delta y'' \left\{ T'' \operatorname{Sin} \omega'' - \frac{dx''.dE''}{ds^2} + \lambda'' \frac{dy''}{ds} \right\} \end{aligned}$$

Da beide Endpunkte als frei angenommen sind, so bleiben die Variationen der Coordinaten, so wie auch ihre Differentialquotienten, willkürlich; man hat daher

$$\left.\begin{aligned}
0 &= E' \\
0 &= -T' \operatorname{Cos} \omega' + \frac{dy'.dE'}{ds^2} + \lambda'.\frac{dx'}{ds} \\
0 &= -T' \operatorname{Sin} \omega' - \frac{dx'.dE'}{ds^2} + \lambda'.\frac{dy'}{ds} \\
0 &= E'' \\
0 &= T'' \operatorname{Cos} \omega'' + \frac{dy''.dE''}{ds^2} + \lambda''.\frac{dx''}{ds} \\
0 &= T'' \operatorname{Sin} \omega'' - \frac{dx''.dE''}{ds^2} + \lambda''.\frac{dy''}{ds}
\end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

Indem die Integrale in der Gleichung (5) nicht ohne Unterbrechung vom Anfange des Fadens bis zum Ende genommen werden, sondern für die freien und für die den Cylinder berührenden Theile eine verschiedene Bedeutung haben, so gelten die daraus abgeleiteten Gleichungen (6), (7), (8) zwar für alle freien Theile des Fadens, aber die Constanten c, c', c'' sind für die beiden, durch den Cylinder getrennten Theile nicht nothwendig dieselben. Ich werde für den oberen Theil die Bezeichnung c, , c', c'' beibehalten, für den unteren aber $c_,$, $c_,'$, $c_,''$, schreiben. Hiernach verwandeln sich die Gleichungen (10), mittelst (6), (7), (8) in

$$\left.\begin{aligned}
0 &= cy' + c'x' + c'' \\
0 &= -T' \operatorname{Cos} \omega' + c \\
0 &= -T' \operatorname{Sin} \omega' - c' \\
0 &= c_, y'' + c_,' x'' + c_,'' \\
0 &= T'' \operatorname{Cos} \omega'' + c_, \\
0 &= T'' \operatorname{Sin} \omega'' - c_,'
\end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

6.

Um die Figur des Fadens zu bestimmen, mufs E durch die Federkraft desselben ausgedrückt werden. Ich werde dabei den Faden als gleichförmig annehmen, und übrigens dieselbe Hypothese anwenden, welche man den Untersuchungen der elastischen Linie immer zum Grunde gelegt hat: man denkt sich nämlich einen unendlich kleinen Theil des Fadens, an beiden Enden, durch unbiegsame gerade Linien fortgesetzt, die eine dieser Linien als fest, die andere, in der Entfernung e von dem unendlich kleinen Theil

des Fadens, der senkrechten Einwirkung einer Kraft k ausgesetzt, welche Kraft daher den Faden krümmt, so dafs er einen Krümmungshalbmesser erhält, welchen ich durch h bezeichne; setzt man für e, k, h andere Werthe, e', k', h', so ist die erwähnte Hypothese, dafs die Krümmungshalbmesser sich umgekehrt verhalten wie die Drehungsmomente der Kräfte, oder

$$h : h' = e'k' : ek$$

woraus

$$e'k' = \frac{ekh}{h'}$$

folgt. Dieses $e'k'$ ist die durch E bezeichnete (in der Entfernung 1 angenommene) Kraft; h' ist der Krümmungshalbmesser der Curve, und ehk, welches ich in der Folge durch μ bezeichnen werde, ist das Maafs der Federkraft des Fadens. Da die Curve der Axe ihre hohle Seite zukehrt, so ist also

$$E = -\frac{\mu dx . d^2y}{\sqrt{\{dx^2 + dy^2\}^3}}.$$

7.

Wenn man für E den Ausdruck (8) setzt, so erhält man die Differentialgleichung der Curve

$$\frac{-\mu dx . d^2y}{\sqrt{\{dx^2 + dy^2\}^3}} = cy + c'x + c'' \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

und wenn man dieselben mit $c\,dy + c'\,dx$ multiplicirt, integrirt und durch e eine willkürliche Constante bezeichnet

$$\mu \left\{\frac{c\,dx - c'\,dy}{\sqrt{(dx^2 + dy^2)}}\right\} = e + \frac{1}{2}\{cy + c'x + c''\}^2 \ldots\ldots (13)$$

woraus das vollständige Differential

$$c'dy - c\,dx = \frac{\pm (c\,dy + c'dx)\,\{e + \frac{1}{2}(cy + c'x + c'')^2\}}{\sqrt{\{\mu\mu\,(cc + c'c') - (e + \frac{1}{2}(cy + c'x + c'')^2)^2\}}} \ldots (14)$$

folgt, dessen Integral die endliche Gleichung der Curve ist.

Nimmt man das Integral (13) vom Anfange des Fadens, bis zu dem Punkte, wo derselbe anfängt, den Cylinder zu berühren, und bezeichnet man durch ψ' den Winkel der Tangente an diesem Punkte mit der Lothlinie, so erhält man eine Gleichung zwischen ϕ' und ψ'; nimmt man dann das

Integral von (14) zwischen denselben Grenzen, so ergiebt es, da die Coordinaten des Berührungspunkts von ψ' abhängen, nämlich

$$x_{,} = -a \,\mathrm{Sin}\, \psi'\,; \quad y_{,} = a \,\mathrm{Cos}\, \psi'\,,$$

eine zweite Gleichung zwischen denselben Winkeln, so dafs beide durch x', y', T', ω' gegeben sind. Auf dielbe Art hat man zwei Gleichungen für die ähnlichen Winkel ϕ'' und ψ'', welche zu dem Theile des Fadens zwischen dem Cylinder und dem Ende gehören, wodurch auch diese durch x'', y'', T'', ω'' gegeben werden.

Wenn der Faden zwischen den Punkten ψ' und ψ'' ganz auf der Cylinderfläche aufliegt, so zeigt die Gleichung (9), dafs λ an diesen Punkten gleich ist; denn E hängt von dem Krümmungshalbmesser des Fadens ab, und dieser ist für die Cylinderfläche unveränderlich: man hat also, aus (6)

$$c \,\mathrm{Cos}\, \psi' - c' \,\mathrm{Sin}\, \psi' = c_{,} \,\mathrm{Cos}\, \psi'' - c_{,}' \,\mathrm{Sin}\, \psi''$$

und wenn man für die Constanten ihre Ausdrücke (11) schreibt,

$$-T' \,\mathrm{Cos}\, (\omega' - \psi') = T'' \,\mathrm{Cos}\, (\psi'' - \omega'') \ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

Ferner ergiebt (8)

$$E_{,} = c y_{,} + c' x_{,} + c''\,; \quad E_{,,} = c_{,} y_{,,} + c_{,}' x_{,,} + c_{,}''$$

oder, da beide $= \frac{\mu}{a}$ sind, nach (11)

$$\frac{\mu}{a} = aT' \,\mathrm{Cos}\, (\omega' - \psi') + c'' = -aT'' \,\mathrm{Cos}\, (\psi'' - \omega'') + c_{,}''$$

woraus, in Verbindung mit (15)

$$c'' = c_{,}'' = \frac{\mu}{a} - aT' \,\mathrm{Cos}\, (\omega' - \psi') \ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

folgt. Diese drei Gleichungen (15) und (16) und eine vierte, welche man durch den Ausdruck der ganzen Länge des Fadens erhält, bestimmen die in den Ausdrücken von ϕ', ψ', ϕ'', ψ'' noch unbekannt gebliebenen T', ω', x'', y''.

Wenn dagegen der Faden den Cylinder nur in einem Punkte berührt, so hat man $\psi' = \psi''$, und die Gleichungen (6) und (8) ergeben

$$-T' \,\mathrm{Cos}\, (\omega' - \psi') = T'' \,\mathrm{Cos}\, (\psi'' - \omega'')$$

$$c'' = c_{,}''$$

wodurch, wiederum mit dem Ausdrucke der ganzen Länge des Fadens verbunden, alle unbekannten Gröfsen bestimmt werden.

8.

Die Durchführung der hier angedeuteten Auflösung der Aufgabe, hat aber die Schwierigkeit, dafs die Integration des Differentials (14) von einer transcendenten Function abhängt, welche die Elimination der verschiedenen unbekannten Gröfsen nicht erlaubt. Diese Schwierigkeit wird vermieden, wenn der Faden, auf beiden Seiten des Cylinders unendlich lang angenommen wird, wodurch er, an seinen beiden Endpunkten dieselbe Richtungen erhält, in welchen die Kräfte T' und T'' ihn ziehen; es ist überdies klar, dafs dann beide Kräfte gleich und beide Schenkel der Curve symmetrisch werden. Ich werde die Aufgabe ,,die Figur eines unendlich langen Fadens ,,zu bestimmen, welcher in gegebenen Richtungen $180° + \omega'$ und ω'', von ,,gleichen Kräften T'' gezogen wird, aber einen Cylinder berührt'' ganz entwickeln, weil diese nicht merklich von der verschieden ist, welche der Pendelapparat darbietet. Denn hier ist μ, vergleichungsweise mit T'', eine sehr kleine Gröfse, und daher die Krümmung des Fadens, in einigermafsen erheblicher Entfernung vom Cylinder, unmerklich, so dafs es gleichgültig ist, ob man seine Länge als endlich, oder als unendlich ansieht.

Um der Gleichung (14) eine einfachere Gestalt zu geben, werde ich neue rechtwinklichte Coordinaten ξ und η einführen, so dafs die ersteren auf den Asymptoten an die Schenkel der Curve gezählt werden, und zwar an dem Punkte anfangen, wo diese Schenkel aufhören mit dem Cylinder in Berührung zu sein; den Werth von η für $\xi = 0$, bezeichne ich durch b. Man erhält dadurch für den oberen Schenkel,

$$\left.\begin{aligned} x &= -\xi \text{ Cos } \omega' - (b-\eta) \text{ Sin } \omega' - a \text{ Sin } \psi' \\ y &= -\xi \text{ Sin } \omega' + (b-\eta) \text{ Cos } \omega' + a \text{ Cos } \psi' \end{aligned}\right\} \ldots\ldots (17)$$

und für den unteren

$$\left.\begin{aligned} x &= \xi \text{ Cos } \omega'' - (b-\eta) \text{ Sin } \omega'' - a \text{ Sin } \psi'' \\ y &= \xi \text{ Sin } \omega'' + (b-\eta) \text{ Cos } \omega'' + a \text{ Cos } \psi'' \end{aligned}\right\} \ldots\ldots (18)$$

Durch diese neuen Coordinaten wird $cy + c'x + c''$, oder $c\,(y - y') + c'\,(x - x')$ (11), wenn man unter x', y' die Coordinaten eines unendlich entfernten Punkts versteht,

$$= T''.\,\eta\,;$$

ferner ergiebt (13) für einen unendlich entfernten Punkt des Fadens

$$e = -\,T''.\,\mu,$$

und dann für $\xi = 0$, wo $\frac{dx}{ds} = \text{Cos}\,\psi'$, $\frac{dy}{ds} = \text{Sin}\,\psi'$ ist,

$$-T''\mu\,\text{Cos}\,(\omega'-\psi') = -T''\mu + \tfrac{1}{2}T''T''.\,bb$$

oder

$$bb = \frac{2\mu}{T''}\{1 - \text{Cos}\,(\omega'-\psi')\}$$

$$b = 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}}.\,\text{Sin}\,z \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(19)$$

wenn man $2z$ für $\omega'-\psi' = \psi''-\omega''$ schreibt.

Die Entscheidung über die Frage, welcher von beiden vorausgesetzten Fällen stattfindet, ob ψ' und ψ'' ungleich sind und der Faden dazwischen ganz auf dem Cylinder aufliegt, oder ob beide zusammenfallen und der Faden den Cylinder nur in einem Punkte berührt, wird durch die Gleichung

$$cy_{,} + c'x_{,} + c'' = E_{,}$$

gegeben; man hat nämlich die Gröfse links vom Gleichheitszeichen $= T''b$, und $E_{,} = \frac{\mu}{h}$, wo h den Krümmungshalbmesser bezeichnet, woraus sich, wenn man für b seinen Ausdruck (19) setzt,

$$\text{Sin}\,z = \frac{1}{2h}\sqrt{\frac{\mu}{T''}}$$

ergiebt. In dem ersten Falle ist h gleich dem Halbmesser des Cylinders, und $2z$ kleiner als $\frac{1}{2}(\omega'-\omega'')$, also

$$\text{Sin}\,z = \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{\mu}{T''}} \text{ und } \text{Sin}\,\tfrac{1}{4}(\omega'-\omega'') > \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{\mu}{T''}};$$

in dem zweiten Falle ist h nicht kleiner als der Halbmesser des Cylinders, aber $2z = \frac{1}{2}(\omega'-\omega'')$, also

$$\text{Sin}\,z = \text{Sin}\,\tfrac{1}{4}(\omega'-\omega'') \text{ und } \text{Sin}\,\tfrac{1}{4}(\omega'-\omega'') \underset{<}{=} \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{\mu}{T''}}$$

wodurch also beide Fälle unterschieden werden.

Das Differential (14) verwandelt sich, durch Einführung der neuen Coordinaten, in

$$d\xi = \pm\sqrt{\frac{\mu}{T''}}.\frac{\left(1-\frac{T''}{2\mu}\eta\eta\right)d\eta}{\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)}}$$

und es gilt das untere Zeichen indem η abnimmt wenn ξ wächst. Das Integral hiervon, von $\xi = 0$ angerechnet, ist

$$\xi = \sqrt{\frac{\mu}{T''}} \left[\log \left\{ \frac{b}{\eta} \cdot \frac{1+\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)}}{1+\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}bb\right)}} \right\} + 2\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}bb\right)} - 2\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)} \right] \ldots (20)$$

Endlich hat man den Bogen der Curve, von $\xi = 0$ angerechnet,

$$s = \int \sqrt{\{d\xi^2 + d\eta^2\}} = \sqrt{\frac{\mu}{T''}} \log \left\{ \frac{b}{\eta} \cdot \frac{1+\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)}}{1+\sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}bb\right)}} \right\}$$

$$= \xi + 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}} \left\{ \sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}\eta\eta\right)} - \sqrt{\left(1-\frac{T''}{4\mu}bb\right)} \right\} \ldots\ldots\ldots (21)$$

9.

Um den Punkt zu bestimmen, in welchem das untere Ende des Fadens sich befindet, wenn das obere fest ist, mufs man die ganze Länge desselben $= S$, durch auf die Curve sich beziehende Gröfsen ausdrücken. Man hat (21), wenn man η' und $\eta'' = 0$ und für b seinen Ausdruck (19) setzt,

$$s' = \xi' + 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \text{Cos}\, z)$$

$$s'' = \xi'' + 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \text{Cos}\, z)$$

also im ersten Falle

$$S = s' + s'' + a(\psi' - \psi'') = \xi' + \xi'' + 4\sqrt{\frac{\mu}{T''}} (1 - \text{Cos}\, z) + a(\omega' - \omega'') - 4az$$

und im zweiten Falle dieselbe Formel, indem alsdann $\omega' - \omega'' = 4z$ ist, also die beiden letzten Glieder verschwinden.

Bestimmt man nun den Ort der beiden Endpunkte des Fadens durch Perpendikel von dem Mittelpunkte des Cylinders auf die Axen der ξ' und ξ'' gefällt, und durch die Entfernungen der Endpunkte von diesen Perpendikeln, und bezeichnet man die ersteren (welche für beide Schenkel gleich sind) durch p, die letzteren durch ϱ' und ϱ'', so hat man

$$p = b + a\,\text{Cos}\, 2z \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (22)$$

$$\varrho' = \xi' - a\,\text{Sin}\, 2z$$

$$\varrho'' = \xi'' - a\,\text{Sin}\, 2z$$

und hiermit

$$S = \varrho' + \varrho'' - 2a\,(2z - \text{Sin}\,2z) + 4\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\,(1 - \text{Cos}\,z) + a\,(\omega' - \omega'')$$

Versetzt man das Pendel in den Zustand der Ruhe und des freien Gleichgewichts, und bezeichnet man seine Tiefe unter dem Mittelpunkte des Cylinders, oder den Werth von ϱ'' für $\omega'' = 0$ und $T'' = 1$, durch ϱ, den diesem Zustande zugehörigen Werth von z durch z', so hat man, indem ϱ' durch eine Änderung von ω'' und T'' nicht geändert wird,

$$S = \varrho' + \varrho - 2a\,(2z' - \text{Sin}\,2z') + 4\sqrt{\mu}\,.\,(1 - \text{Cos}\,z') + a\omega'$$

und wenn man aus beiden Ausdrücken S eliminirt:

$$\varrho'' = \varrho + a\omega'' + 2a\,(2z - \text{Sin}\,2z - 2z' + \text{Sin}\,2z') - 4\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\,(1 - \text{Cos}\,z)$$
$$+ 4\sqrt{\mu}\,(1 - \text{Cos}\,z') \,\ldots\ldots\ldots (23)$$

wodurch also, da die Ausdrücke von z und b oben schon gegeben sind, die Aufgabe vollständig aufgelöst ist.

10.

Nachdem, durch das Vorhergehende, die Figur des Fadens und der Ort seines Endpunkts bestimmt worden sind, werde ich den Einfluſs der Federkraft auf die Schwingungszeit des Pendels untersuchen; ich werde dabei die Maſse des Pendels als im Endpunkte des Fadens vereinigt annehmen.

Man kann die Bewegung dieses Punkts als frei betrachten, oder seine Verbindung mit dem Faden ganz auſser Acht lassen, wenn man ihn als der Wirkung zweier Kräfte ausgesetzt ansieht, nämlich der Schwere und der die Figur des Fadens bestimmenden Kraft T'', diese in entgegengesetzter Richtung, oder im Winkel $180° + \omega''$ gegen die Lothlinie angenommen. Man hat dann die nach der Richtung der Coordinaten x'' und y'' wirkenden Kräfte

$$1 - T''\,\text{Cos}\,\omega'' \quad \text{und} \quad -T''\,\text{Sin}\,\omega''$$

und also, da der Punkt als frei angenommen wird, die beiden Gleichungen

$$0 = \frac{d^2x''}{dt^2} + \pi^2\lambda\,(T''\,\text{Cos}\,\omega'' - 1)$$
$$0 = \frac{d^2y''}{dt^2} + \pi^2\lambda\,.\,T''\,\text{Sin}\,\omega''$$

wo λ die Länge des einfachen Secundenpendels, π die halbe Kreisperipherie und t die in mittleren Secunden ausgedrückte Zeit bedeuten. Setzt man für die rechtwinklichten Coordinaten ihre Ausdrücke durch ϱ'', p, ω'', nämlich:

$$x'' = \varrho'' \operatorname{Cos} \omega'' - p \operatorname{Sin} \omega''$$
$$y'' = \varrho'' \operatorname{Sin} \omega'' + p \operatorname{Cos} \omega''$$

und multiplicirt man die Gleichungen mit $\operatorname{Cos} \omega''$ und $\operatorname{Sin} \omega''$, ferner mit $-\operatorname{Sin} \omega''$ und $\operatorname{Cos} \omega''$, so sind die Summen ihrer Producte:

$$\left.\begin{aligned} 0 &= \frac{d^2\varrho''}{dt^2} - \varrho''\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 - 2\frac{dp}{dt}\cdot\frac{d\omega''}{dt} - p\,\frac{d^2\omega''}{dt^2} + \pi^2\lambda\,(T'' - \operatorname{Cos}\omega'') \\ 0 &= \frac{d^2p}{dt^2} - p\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 + 2\frac{d\varrho''}{dt}\cdot\frac{d\omega''}{dt} + \varrho''\cdot\frac{d^2\omega''}{dt^2} + \pi^2\lambda\,.\operatorname{Sin}\omega'' \end{aligned}\right\} \quad (24)$$

Man erhält ein erstes Integral dieser Gleichungen durch Integration der Summe der Producte der ersten in $2(d\varrho'' - p\,d\omega'')$, der zweiten in $2(\varrho'' d\omega'' + dp)$, nämlich:

$$c = \left(\varrho''\frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p\,\frac{d\omega''}{dt}\right)^2$$
$$- 2\pi^2\lambda\left\{\varrho''\operatorname{Cos}\omega'' - p\operatorname{Sin}\omega'' - \int T''(d\varrho'' - p\,d\omega'')\right\} \ldots\ldots (25)$$

Das hier noch unter dem Integralzeichen stehende Glied ist, in beiden abgesonderten Fällen, ein vollständiges Differential. Man hat nämlich aus (22) und (23)

$$p = b + a\operatorname{Cos}2z = 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\operatorname{Sin}z + a\operatorname{Cos}2z$$
$$\varrho'' = \varrho + a\omega'' + 2a\,(2z - \operatorname{Sin}2z - 2z' + \operatorname{Sin}2z') - 4\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\,(1 - \operatorname{Cos}z)$$
$$+ 4\sqrt{\mu}\,(1 - \operatorname{Cos}z')$$

woraus

$$T''(d\varrho'' - p\,d\omega'') = aT''\,(1 - \operatorname{Cos}2z)\,(d\omega'' + 4dz) - 2\sqrt{\mu T''}\,.\operatorname{Sin}z\,(d\omega'' + 2dz)$$
$$+ 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\,(1 - \operatorname{Cos}z)\,dT''$$

folgt. Im ersten Falle ist aber

$$\operatorname{Sin}z = \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{\mu}{T''}}$$

und wenn man hierdurch T'' eliminirt, das Differential

$$= -\frac{\mu}{2a}\,d\omega'' - \frac{2\mu}{a}\cdot\frac{\operatorname{Cos}z\,.dz}{1 + \operatorname{Cos}z} = -d\left\{\frac{\mu}{2a}\,\omega'' + \frac{2\mu}{a}\left(z - \operatorname{tgt}\frac{1}{2}z\right)\right\}.$$

Im anderen Falle ist

$$z = \frac{1}{4}(\omega' - \omega''), \quad dz = -\frac{1}{4}d\omega''$$

also das Differential

$$= 4\sqrt{\mu T''}.\ \text{Sin}\, z\, dz + 2\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\,(1 - \text{Cos}\, z)\, dT'' = 4d\left\{\sqrt{\mu T''}.\,(1 - \text{Cos}\, z)\right\}$$

Hierdurch verwandelt sich die Gleichung (25) im ersten Falle in

$$c = \left(\varrho''\frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p\,\frac{d\omega''}{dt}\right)^2$$
$$- 2\pi^2\lambda\left\{\varrho''\,\text{Cos}\,\omega'' - p\,\text{Sin}\,\omega'' + \frac{\mu}{2a}\,\omega'' + \frac{2\mu}{a}\left(z - \text{tgt}\frac{1}{2}z\right)\right\} \quad (26)$$

und im zweiten in

$$c = \left(\varrho''\frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\varrho''}{dt} - p\,\frac{d\omega''}{dt}\right)^2$$
$$- 2\pi^2\lambda\left\{\varrho''\,\text{Cos}\,\omega'' - p\,\text{Sin}\,\omega'' - 4\sqrt{\mu T''}\,(1 - \text{Cos}\, z)\right\} \ldots\ldots \quad (27)$$

11.

Die weitere Integration werde ich unter der Bedingung ausführen, daſs das Pendel, vor dem Anfange der Bewegung, auf einer Ebene ruht, welche der Axe des Cylinders parallel, in dem Winkel $\omega'' = u'$ gegen die Lothlinie geneigt ist, und daſs die Bewegung durch das Wegnehmen dieser Ebene entsteht. Dieser Bedingung zufolge haben, am Anfange der Bewegung, oder für $t = 0$, ϱ'' und p die Werthe (23) und (22), und man hat ferner für dieselbe Zeit $\frac{d\omega''}{dt} = 0$, $\frac{d\varrho''}{dt} = 0$, $\frac{dp}{dt} = 0$.

Die Annäherung werde ich nicht über Gröſsen von der Ordnung von $\sqrt{\mu}$ und a hinausführen, und beide als von der ersten Ordnung betrachten. Um diese Annäherung zu erhalten, ist es nur nothwendig, daſs man die Kraft T'' exclusive der Glieder der ersten Ordnung kenne, denn sie kömmt in den Ausdrücken von ϱ'' und p und in den Gleichungen (26) und (27) nur in Gröſsen von der ersten Ordnung multiplicirt vor. Man kann daher in der ersten der Gleichungrn (24) die Gröſsen der ersten Ordnung vernachläſsigen, wodurch sie sich in

$$0 = (T'' - \text{Cos}\,\omega'')\,\pi^2\lambda - \varrho\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2$$

verwandelt; man hat ferner aus (25), exclusive dieser Gröſsen,

$$c = \varrho^2 \left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\varrho \text{ Cos } \omega'',$$

und für den Anfang der Bewegung

$$c = -2\pi^2\lambda\varrho \text{ Cos } u'$$

wodurch man c und $\frac{d\omega''}{dt}$ eliminiren kann, und dann den von allen für die fernere Rechnung überflüssigen Gliedern befreiten Ausdruck

$$T'' = 3 \text{ Cos } \omega'' - 2 \text{ Cos } u' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (28)$$

erhält.

12.

In beiden abgesonderten Fällen ist das zweite Glied der Gleichungen (26) und (27) wegzulassen, indem es von der zweiten Ordnung ist. Man hat also für den ersten Fall

$$\left(\varrho'' \frac{d\omega''}{dt} + \frac{dp}{dt}\right)^2 = 2\pi^2\lambda \left\{\varrho'' \text{ Cos } \omega'' - p \text{ Sin } \omega'' + \frac{\mu}{2a}\omega'' + \frac{2\mu}{a}\left(z - \text{tgt}\frac{1}{2}z\right) - C\right\}$$

wofür ich, immer unter Vernachläſsigung der Gröſsen von der zweiten Ordnung,

$$\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2 \left\{1 + 2 \cdot \frac{\varrho'' - \varrho}{\varrho} + 2\frac{dp}{d\omega''}\right\} = \frac{2\pi^2\lambda}{\varrho} \left\{\text{Cos } \omega'' + \frac{(\varrho'' - \varrho)}{\varrho} \text{ Cos } \omega'' - \frac{p}{\varrho} \text{ Sin } \omega'' + \frac{\mu\omega''}{2a\varrho} + \frac{2\mu}{a\varrho}\left(z - \text{tgt}\frac{1}{2}z\right) - C\right\}$$

schreiben werde.

Dieses Differential ist unter der Form begriffen, für welche ich, in der I. Beilage, das Integral entwickelt habe. Es ist also nur nöthig, daſs man

$$f\omega'' = \frac{\varrho'' - \varrho}{\varrho} \text{ Cos } \omega'' + \frac{p}{\varrho} \text{ Sin } \omega'' + \frac{\mu\omega''}{2a\varrho} + \frac{2\mu}{a\varrho}\left(z - \text{tgt}\frac{1}{2}z\right)$$

$$f'\omega'' = \frac{\varrho'' - \varrho}{\varrho} + \frac{dp}{d\omega''}$$

nach den Potenzen von Sin $\frac{1}{2}\omega''$ entwickele, und die Coefficienten der geraden Potenzen in die 4[te] Formel (Beilage I.) setze. Um dieses möglichst leicht auszuführen werde ich diejenigen Glieder beider Ausdrücke, welche allein in der Rechnung bleibende, gerade Potenzen von Sin $\frac{1}{2}\omega''$ enthalten, zuerst von z allein abhängig machen. Man hat nämlich, da

$$\text{Sin } z = \frac{1}{2a}\sqrt{\frac{\mu}{T''}}, \quad \text{Sin } z' = \frac{1}{2a}\sqrt{\mu}$$

ist, aus (23), wenn man die ungeraden Glieder wegläſst:

$$\varrho'' - \varrho = 2a\,\{2z - 4\,\mathrm{Sin}\,z + \mathrm{Sin}\,2z - 2z' + 4\,\mathrm{Sin}\,z' - \mathrm{Sin}\,2z'\}$$

und für das letzte Glied des Ausdrucks von $f\omega''$

$$\frac{2\mu}{a}\left\{z - \mathrm{tgt}\frac{1}{2}z\right\} = 8a\,\mathrm{Sin}\,z'^2\left\{z - \mathrm{tgt}\frac{1}{2}z\right\};$$

die übrigen Glieder von $f\omega''$ und $f'\omega''$ fallen weg, da sie nur ungerade Potenzen von Sin $\frac{1}{2}\omega''$ enthalten. Da aber

$$\frac{\mathrm{Sin}\,z'^2}{\mathrm{Sin}\,z^2} = T'' = 1 - 6\,\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,\omega''^2 + 4\,\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2$$

so darf man nur die beiden durch z ausgedrückten Gröſsen als Functionen von $\frac{1}{\mathrm{Sin}\,z^2}$ betrachten, und ihre Entwickelung mit den ähnlichen Functionen von z' anfangen, während man sie nach den Potenzen von

$$\frac{1}{\mathrm{Sin}\,z^2} - \frac{1}{\mathrm{Sin}\,z'^2} = \frac{-6\,\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,\omega''^2 + 4\,\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2}{\mathrm{Sin}\,z'^2}$$

fortgehen läſst. Auf diese Art findet man die in der I. Beilage durch α'', α'''', β, β'' bezeichneten Coefficienten

$$\alpha'' = \frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,z'\,(1 - \mathrm{Cos}\,z')\,64\,\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2$$

$$\alpha'''' = -\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,z'\,(1 - \mathrm{Cos}\,z').24\;.$$

$$\beta = \frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,z'\,(1 - \mathrm{Cos}\,z').16\,\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2$$

$$\beta'' = -\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,z'\,(1 - \mathrm{Cos}\,z').24\;.$$

Ferner ist

$$nn = \frac{\pi^2\lambda}{\varrho}$$

also die Länge des einfachen Pendels, welches mit dem hier betrachteten gleichzeitig schwingt

$$= \varrho + a\,\mathrm{Sin}\,z'\,(1 - \mathrm{Cos}\,z').22\,\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2$$

oder, wenn man z' durch μ und a ausdrückt:

$$= \varrho + 11\sqrt{\mu}\left\{1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\mu}{4aa}\right)}\right\}\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2 \;\ldots\ldots\ldots (29)$$

Im zweiten Falle hat man, durch (27), die Gleichung:

$$\left(\frac{d\omega''}{dt}\right)^2\left\{1+2\,\frac{\varrho''-\varrho}{\varrho}+\frac{2dp}{\varrho\,d\omega''}\right\}=\frac{2\pi^2\lambda}{\varrho}\left\{\mathrm{Cos}\;\omega''+\frac{\varrho''-\varrho}{\varrho}\,\mathrm{Cos}\;\omega''-\frac{p}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\;\omega''\right.$$
$$\left.-\frac{4\sqrt{\mu T''}.}{\varrho}\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'-\omega''}{4}\right)-C\right\}$$

oder

$$f\omega''=\frac{\varrho''-\varrho}{\varrho}\,\mathrm{Cos}\;\omega''-\frac{p}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\;\omega''-\frac{4\sqrt{\mu T''}}{\varrho}\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'-\omega''}{4}\right)$$
$$f'\omega''=\frac{\varrho''-\varrho}{\varrho}+\frac{dp}{\varrho\,d\omega''}$$

Allein in diesem Falle ist:

$$\varrho''-\varrho=2a\left\{\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\omega'-\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'-\omega''}{2}\right\}-4\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'-\omega''}{4}\right)+4\sqrt{\mu}\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)$$
$$p=a\;\mathrm{Cos}\;\frac{\omega'-\omega''}{2}+2\sqrt{\frac{\mu}{T''}}\;\mathrm{Sin}\;\frac{\omega'-\omega''}{4}$$
$$T''=3\;\mathrm{Cos}\;\omega''-2\;\mathrm{Cos}\;u'$$

Setzt man dieses in die Ausdrücke von $f\omega''$ und $f'\omega''$, und entwickelt man dieselben nach den Potenzen von Sin $\frac{1}{2}\omega''$, so erhält man

$$\alpha''=-\quad\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\frac{\sqrt{\mu}}{\varrho}\left\{\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}+\left(32-36\;\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2\right\}$$
$$\alpha''''=-\frac{3}{4}\cdot\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\frac{\sqrt{\mu}}{\varrho}\left\{-12+\frac{287}{16}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right\}$$
$$\beta=\quad\frac{1}{2}\cdot\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\frac{\sqrt{\mu}}{\varrho}\left\{-\frac{1}{2}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}+\left(8-7\;\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2\right\}$$
$$\beta''=\quad\frac{3}{4}\cdot\frac{a}{\varrho}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\frac{\sqrt{\mu}}{\varrho}\left\{-12+\frac{113}{16}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right\}$$

Hieraus folgt, nach der Formel 4, Beilage I, die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels:

$$=\varrho+\frac{1}{2}\,a\;\mathrm{Sin}\;\frac{\omega'}{2}-\sqrt{\mu}.\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}$$
$$+\left\{\frac{3}{16}\,a\;\mathrm{Sin}\,\frac{\omega'}{2}+\sqrt{\mu}\left(11-\frac{735}{64}\,\mathrm{Cos}\,\frac{\omega'}{4}\right)\right\}\mathrm{Sin}\,\frac{1}{2}\,u'^2\ldots\ldots(30)$$

13.

Die Annahme am Anfange des 11ten Art., dafs nämlich das Pendel aus dem Zustande des Gleichgewichts in die Bewegung übergeht, hat die Rechnung bedeutend abgekürzt, indem dadurch zwei willkürliche Constanten welche in dem vollständigen Integrale der Gleichungen enthalten sind, verschwinden. Dadurch gehen alle Glieder deren Periode von der durch die Ausdrücke (29), (30) bestimmten verschieden ist, aus der Rechnung, so wie etwas ähnliches immer stattfindet wenn ein System von materiellen Punkten, in Beziehung auf alle möglichen Bewegungen, exclusive einer einzigen, vor dem Anfange der Bewegung, ins Gleichgewicht gebracht ist. Diese hier verschwundenen Glieder haben Perioden, deren Dauern von den störenden Kräften abhängen und daher weit kürzer sind als die Hauptperiode des Pendels, welche ich allein bestimmt habe; sie bringen eine scheinbar zitternde Bewegung des Pendels hervor, welche jedesmahl vorhanden sein mufs wenn der Anfang der Bewegung der gemachten Voraussetzung nicht wirklich entspricht. Man wird aber schwer zu der Überzeugung gelangen können, dafs der Anfang der Bewegung, bei einer Reihe von Schwingungen des Pendels, diese Bedingung erfüllt; allein noch schwerer würde die Bestimmung der ursprünglichen Werthe von $\frac{d\rho''}{dt}$ und $\frac{dp}{dt}$ sein, indem diese allein aus Zufälligkeiten entstehen, vorausgesetzt dafs man beabsichtigt die über den Anfang der Bewegung gemachte Bedingung zu erfüllen. Es geht hieraus hervor, dafs die Bewegung des Pendels gewifsermafsen unbestimmt bleibt. Allein diese Unbestimmtheit hat auf die Versuche keinen Einflufs, indem theils die Kürze der Perioden der erwähnten Glieder verursacht, dafs die aus einem Intervalle von vielen Schwingungen abgeleitete Schwingungszeit, nicht merklich geändert werden kann, theils aber auch diese Glieder durch den Widerstand der Luft sehr bald vernichtet werden, so dafs, bald nach dem Anfange einer Beobachtungsreihe, die Bewegung des Pendels, wirklich in den Zustand kömmt, welcher der Rechnung zum Grunde gelegt wurde. Die letzte Bemerkung findet bei allen Gliedern von kurzer Periode ihre Anwendung; also auch bei denen welche aus der Ausdehnbarkeit des Fadens und aus den Drehungen der einzelnen Theile des Pendels um ihre eigenen Hauptaxen entstehen.

Beilage III.

Tafel für den Werth eines Pendelschlages der Uhr *P*, in mittlerer Zeit.

k	*a*	Diff.	*b*
45′	0,″9976390.63		0,″0000115.47
		80.37	
46	6310.26		115.47
		76.93	
47	6233.33		115.47
		73.73	
48	6159.60		115.47
		70.72	
49	6088.88		115.47
		67.87	
50	6021.01		115.47
		65.22	
51	5955.79		115.47
		62.72	
52	5893.07		115.47
		60.35	
53	5832.72		115.47
		58.11	
54	5774.61		115.47
		56.00	
55	5718.61		115.46
		53.99	
56	5664.62		115.46
		52.10	
57	5612.52		115.46
		50.31	
58	5562.21		115.46
		48.60	
59	5513.61		115.46
		46.98	
60	5466.63		115.46
		45.43	
61	5421.20		115.46
		43.98	
62	5377.22		115.46
		42.57	
63	5334.65		115.46
		41.25	
64	5293.40		115.46
		39.97	
65	5253.43		115.46

Wenn die Zeit k der Uhr R, der Zeit $k - 1''$ der Uhr P gleich, und die tägliche Verspätung der ersteren gegen Sternenzeit $= s$, so ist ein Pendelschlag der letzteren, in mittlerer Zeit ausgedrückt,

$$= a + b . s.$$

Beilage IV.

Einwirkung der Temperatur auf den Pendelapparat.

Tafel für die wahren Temperaturen, welche den Angaben der drei Thermometer e', e'', e''' entsprechen.

Angabe der Therm.	Wahre Temperatur. e'	e''	e'''	Angabe der Therm.	Wahre Temperatur. e'	e''	e'''
0°	— 0°,23	— 0°,39	— 0°,44	15°	14°,25	14°,30	14°,16
1	+ 0,74	+ 0,59	+ 0,52	16	15,20	15,27	15,13
2	1,70	1,58	1,48	17	16,16	16,24	16,11
3	2,67	2,56	2,44	18	17,13	17,21	17,10
4	3,63	3,54	3,40	19	18,10	18,18	18,09
5	4,59	4,53	4,37	20	19,07	19,16	19,08
6	5,54	5,52	5,35	21	20,05	20,14	20,07
7	6,50	6,51	6,33	22	21,03	21,13	21,06
8	7,46	7,50	7,31	23	22,01	22,11	22,05
9	8,45	8,48	8,30	24	22,99	23,09	23,04
10	9,44	9,46	9,30	25	23,97	24,06	24,03
11	10,42	10,44	10,29	26	24,95	25,02	25,01
12	11,41	11,41	11,28	27	25,93	25,98	25,99
13	12,36	12,37	12,24	28	26,91	26,95	26,98
14	13,31	13,34	13,20	29	27,90	27,93	27,97
15	14,25	14,40	14,16	30	28,90	28,92	28,96

Der Einflufs der Temperatur auf die Messungen des kurzen Pendels ist folgendermafsen berechnet worden. Der feste Ansatz, auf welchem der Cylinder von Stahl (i) ruht, ist 521 Lin. über dem Boden des Gehäuses; der Cylinder (i) ist 46 Lin. lang; die auf seiner oberen Ebene ruhende Kugel des Abwickelungs-Cylinders hat 3 Lin. Halbmesser und ihr Mittelpunkt ist 570 Lin. hoch. Der Punkt der eisernen Stange wo die Hülse von Glockenmetall befestigt ist, welche die Mikrometerschraube und den Cylinder mit dem Fühlhebel enthält, ist 430,5 Lin. unter dem festen Ansatze, also 90,5 L. hoch; diese Hülse ist 51,5 Lin. lang, ihr unteres Ende also 39 Lin. hoch. Die Ausdehnungen dieser Theile, nämlich des Stahlcylinders (i) und der darauf liegenden Kugel, des Eisens der Stange zwischen dem festen Ansatze und dem Befestigungspunkte der Hülse, endlich der Hülse, vergröfsern die Entfernung des Fühlhebels von dem Aufhängepunkte; die folgenden wirken vom unteren Ende der Hülse an, also in entgegengesetzter Richtung:

die Mikrometerschraube von Stahl, 12,5 Lin. lang; die Mutter derselben von Messing, 6 Lin. lang; der Stahlcylinder welcher den Fühlhebel trägt, 48 Lin. lang; endlich der Halbmesser der Pendelkugel von 12,1 Lin., welcher in die Rechnung kömmt, indem die thermometrischen Ausdehnungen bis zum Schwingungspunkte genommen werden müssen.

Bezeichnet man die Ausdehnungen des Stahls, Eisens, Glockenmetalls und Messings durch S, E, G, M, so hat man für die verschiedenen angeführten Theile:

	Höhe der Mitte $= h$	Ausdehnung für 1° C
Kugel am Abwickelungs-Cylinder ..	$568,^L 5$	$+ \; 3,0 . S$
Cylinder *i*, worauf dieselbe ruht ...	544, 0	$+ \; 46,0 . S$
Eiserne Stange	305, 75	$+ \; 430,5 . E$
Hülse der Mikrometervorrichtung ...	64, 75	$+ \; 51,5 . G$
Mikrometerschraube	45, 25	$- \; 12,5 . S$
Schraubenmutter derselben	53, 75	$- \; 6,0 . M$
Stahl-Cylinder unter dem Fühlhebel	81, 5	$- \; 48,0 . S$
Halbmesser der Pendelkugel	111, 5	$- \; 12,1 . M$

Nimmt man die Temperaturen dieser Theile, nach dem 7ten Artikel

$$= \frac{584 - h}{388} e' + \frac{h - 196}{388} e''$$

und setzt man die Ausdehnungen der Metalle

$S = 0,000011898$. Troughton
$E = 0,000011400$. Borda
$G = 0,000019080$. Berthoud
$M = 0,000018782$. Lavoisier und Laplace

so erhält man die Änderung der Entfernung des Aufhängepunkts vom Fühlhebel, weniger dem Halbmesser der Kugel

$$= 0,^L 0035153 . e' + 0,^L 0018979\, e''$$
$$= 0,^L 0054132 \; \{0,6494 . e' + 0,3506 . e''\}$$

Wenn dagegen die Toise auf dem Cylinder (i) steht, und der Abwickelungs-Cylinder auf ihrem oberen Ende ruht, so hat man für die

Kugel am Abwickelungs-Cylinder	1432, 5	$+ \; 3,0\, S$
Toise	999, 0	$+ \; 864,0\, E$

und ferner die für das kurze Pendel berechneten Wirkungen der Temperatur, mit Ausnahme der ersteren. Nimmt man für die hinzugekommenen beiden Theile, die Temperatur

$$= \frac{1292 - h}{708} e'' + \frac{h - 584}{708} e'''$$

so erhält man die Veränderung für jeden Grad des Thermometers:

$$- 0,^L 0000014 . e' + 0,^L 0040339 . e'' + 0,^L 0058162 . e''',$$

oder, wenn man e'' für e' setzt, was wegen der Kleinheit des in e' multiplicirten Gliedes erlaubt ist.

$$+ 0,^L 0040325 . e'' + 0^L 0058162 . e'''$$
$$= 0,^L 0098487 \{0,4095 . e'' + 0,5905 . e'''\}$$

Dafs der Coefficient mit dem im 7ten Art. angegebenen richtigeren, nicht vollkommen übereinstimmt, rührt daher, dafs hier die Toise $0,^L 16$ (um welche Quantität sie beim Eispunkte kürzer ist als 864 Lin.) zu lang angenommen worden ist.

Ich füge noch eine Tafel für die Länge der Toise und die Veränderung von F hinzu:

Temperatur.	Toise.	F	Temperatur.	Toise.	F
0°	863,^L 83917	0,^L 00000	15°	863,^L 98689	+ 0,^L 08120
1	84902	+ 0, 00541	16	99674	0, 08661
2	85887	0, 01083	17	864, 00659	0, 09202
3	86872	0, 01624	18	01643	0, 09744
4	87857	0, 02165	19	02628	0, 10285
5	88841	0, 02707	20	03613	0, 10826
6	89826	0, 03248	21	04598	0, 11368
7	90811	0, 03789	22	05582	0, 11909
8	91796	0, 04331	23	06567	0, 12450
9	92780	0, 04872	24	07552	0, 12992
10	93765	0, 05413	25	08537	0, 13533
11	94750	0, 05955	26	09522	0, 14074
12	95735	0, 06496	27	10506	0, 14616
13	96720	0, 07037	28	11491	0, 15157
14	97704	0, 07578	29	12476	0, 15698
15	98689	0, 08120	30	13461	0, 16240

Beilage V.

Certificat über die Vergleichung der Toise.

Le 31me août 1823, nous avons comparé, Mr. Zahrtmann et moi, la toise en fer que Mr. Fortin a construite pour Mr. Bessel de Königsberg, à l'étalon en fer de l'observatoire connu sous le nom de Toise du Pérou. Il nous a semblé que la Règle de Mr. Bessel est plus courte que l'étalon de l'observatoire de $\frac{1}{1278^{\text{me}}}$ *de ligne (de un douze cent soixante dix-huitième de ligne).*

(signé) *F. Arago.* *Zahrtmann.*

Beilage VI.

Bewegung eines Pendels in einer Flüssigkeit.

Wenn man, dem 13ten Art. zufolge, für die Summe der bewegten Theilchen der Flüssigkeit, jedes in das Quadrat seiner Geschwindigkeit multiplicirt, den Ausdruck

$$m'u'u'nn\,\{b^{(0)} + b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt + B^{(2)}) + b^{(4)}\,\mathrm{Cos}\,(4nt + B^{(4)}) + \text{u.s.w.}\}$$

annimmt, und den durch den Anstoſs des Pendels an immer andere Theile der Flüssigkeit verursachten Verlust an lebendiger Kraft nicht berücksichtigt, indem er auf die Zeit einer ganzen Schwingung keinen Einfluſs hat, so hat man die Gleichung der Bewegung:

$$c = m\,\{\mu + ss\}\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\,\{ms - m's'\}\,\mathrm{Cos}\,u$$
$$+ m'u'u'nn\,\{b^{(0)} + b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt + B^{(2)}) + \text{u.s.w.}\ldots.\}$$

oder

$$c = \left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2n'n'\,\{\mathrm{Cos}\,u - u'u'\zeta\,(b^{(0)} + b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,(2nt + B^{(2)}) + \text{u.s.w.}.)\}$$

wo

$$n'n' \text{ für } \frac{\pi^2\lambda\,(ms - m's')}{m\,(\mu + ss)}$$

$$\zeta \text{ für } \frac{m'nn}{2\pi^2\lambda\,(ms - m's')}$$

geschrieben ist. Wenn man diese Gleichung mit der in der I. Beilage untersuchten vergleicht, so hat man

$$fu = -u'u'\zeta\,(b^{(0)} + b^{(2)}\operatorname{Cos}(2nt + B^{(2)}) + \text{u. s. w.} \ldots)$$
$$f'u = 0$$

und für das dortige n, hier n'. Man kann daher die Zeit einer ganzen Schwingung des Pendels, durch die dritte Formel jener Beilage erhalten. Allein da es noch unentschieden ist, ob $b^{(0)}$, $b^{(2)}$, ... $B^{(2)}$, ... beständig, oder von der Ausdehnung der Schwingungen abhängig sind, so kann der von dem Quadrate und den höheren Potenzen des Schwingungswinkels abhängige Theil der Zeit, nicht vollständig gefunden werden, weshalb ich von der erwähnten Formel alles weglassen werde, was nur auf diesen Theil Einflufs erhält. Dadurch verwandelt diese Formel sich in

$$\frac{\pi}{n'} + \frac{1}{n'}\int\frac{d.\frac{fu - fo}{u}}{\sqrt{(u'u' - uu)}},$$

und da hier nur die Einwirkung welche von der Ordnung der störenden Ursache selbst ist, bestimmt wird, so kann für u die von dieser Störung unabhängige Annäherung gesetzt werden; nämlich, unter der Voraussetzung dafs die Zeit t von dem Durchgange des Pendels durch die Lothlinie angezählt wird:

$$u = u'\operatorname{Sin} n't;\quad \sqrt{(u'u' - uu)} = u'\operatorname{Cos} n't;$$

Schreibt man, um abzukürzen z für $n't$, so ist die Schwingungszeit:

$$\frac{\pi}{n'} + \frac{\zeta}{n'}\int\frac{d\left\{\frac{b^{(2)}\operatorname{Cos}B^{(2)}(1 - \operatorname{Cos}2z) + b^{(2)}\operatorname{Sin}B^{(2)}\operatorname{Sin}2z + b^{(4)}\operatorname{Cos}B^{(4)}(1 - \operatorname{Cos}4z) + \text{u. s. w.}}{\operatorname{Sin}z}\right\}}{\operatorname{Cos}z}$$

wo das Integral von $z = -\frac{1}{2}\pi$ bis $z = \frac{1}{2}\pi$ genommen wird.

Die bestimmten Integrale welche hier vorkommen, haben die Formen

$$\int\frac{d.\frac{1 - \operatorname{Cos}2hz}{\operatorname{Sin}z}}{\operatorname{Cos}z} \quad\text{und}\quad \int\frac{d.\frac{\operatorname{Sin}2hz}{\operatorname{Sin}z}}{\operatorname{Cos}z}.$$

Das erste ist, wenn wirklich differentiirt wird,

$$= 4h\int\frac{\operatorname{Sin}2hz}{\operatorname{Sin}2z}\,dz - \int\frac{1 - \operatorname{Cos}2hz}{\operatorname{Sin}z^2}\,dz;$$

allein man hat

$$\frac{\text{Sin } 2hz}{\text{Sin } 2z} = \text{Cos}\,(2h-2)\,z + \text{Cos}\,(2h-6)\,z + \text{Cos}\,(2h-10)\,z + \ldots\ldots + \text{Cos}\,(-2h+2)\,z$$

$$\frac{1-\text{Cos } 2hz}{\text{Sin } z^2} = 2h + 4\,(h-1)\,\text{Cos } 2z + 4\,(h-2)\,\text{Cos } 4z + \ldots\ldots + 4\,\text{Cos}\,(2h-2)\,z$$

woraus hervorgeht, dafs das zwischen den angegebenen Grenzen genommene Integral

$$\int \frac{\text{Sin } 2hz}{\text{Sin } 2z}\,dz$$

verschwindet wenn h eine gerade Zahl ist, allein $= \pi$ wird wenn h ungerade ist; ferner dafs man

$$\int \frac{1-\text{Cos } 2hz}{\text{Sin } z^2}\,dz = 2h\pi$$

hat. Man erhält also

$$\int \frac{d.\frac{1-\text{Cos } 2hz}{\text{Sin } z}}{\text{Cos } z} = 2h\,\{1-(-1)^h\} - 2h = (-1)^{h+1}.\,2h.$$

Das zweite bestimmte Integral ergiebt durch theilweise Integration

$$\frac{2\,\text{Sin } 2hz}{\text{Sin } 2z} - \int \frac{\text{Sin } 2hz}{\text{Cos } z^2}\,dz\,;$$

der oben gegebene Ausdruck des ersten Gliedes zeigt, dafs es, zwischen den angegebenen Grenzen genommen, verschwindet; das zweite Glied verschwindet gleichfalls, indem das Differential, für $-z$ und $+z$ entgegengesetzte Werthe von gleicher Gröfse hat. Man hat also

$$\int \frac{d.\frac{\text{Sin } 2hz}{\text{Sin } z}}{\text{Cos } z} = 0$$

Substituirt man diese Werthe der bestimmten Integrale in den Ausdruck der Schwingungszeit, so erhält man dieselbe

$$= \frac{\pi}{n'} + \frac{2\zeta\pi}{n'}\left\{b^{(2)}\,\text{Cos } B^{(2)} - 2b^{(4)}\,\text{Cos } B^{(4)} + 3b^{(6)}\,\text{Cos } B^{(6)}\ \text{u. s. w.}\ldots\ldots\right\}$$

Verwechselt man nn mit $n'n'$ im Ausdrucke von ζ, welches erlaubt ist, so hat man

$$\zeta = \frac{m'}{2m\,(\mu+ss)}\,;$$

schreibt man ferner für n' seinen Ausdruck, und C für

$$b^{(2)}\,\mathrm{Cos}\,B^{(2)} - 2b^{(4)}\,\mathrm{Cos}\,B^{(4)} + 3b^{(6)}\,\mathrm{Cos}\,B^{(6)} - \text{u. s. w.} \ldots$$

so verwandelt sich der Ausdruck der Schwingungszeit in

$$\sqrt{\frac{m(\mu + ss)}{\lambda(ms - m's')}}\left\{1 + \frac{m'C}{m(\mu + ss)}\right\};$$

oder die Länge des einfachen, in derselben Zeit schwingenden Pendels, nämlich das Quadrat der Schwingungszeit in λ multiplicirt, ist

$$\frac{\mu + \frac{2m'}{m}C + ss}{s\left(1 - \frac{m's'}{ms}\right)}.$$

Es geht hieraus hervor, dafs eine das Pendel umgebende Flüssigkeit von sehr geringer Dichtigkeit, auf die Dauer sehr kleiner Schwingungen keinen anderen Einflufs hat, als dafs sie die Schwerkraft vermindert und das Moment der Trägheit vermehrt. Wenn die Ausdehnung der Bewegungen der Flüssigkeit den Schwingungswinkeln des Pendels proportional ist, so ist diese Vermehrung des Moments der Trägheit sehr nahe beständig; im entgegengesetzten Falle hängt sie von den Schwingungswinkeln ab.

Beilage VII.

Bestimmung der einzelnen Theile der verschiedenen, bei den Versuchen angewandten Pendel, und Berechnung ihrer Zusammensetzung.

Das Gewicht welches den folgenden Abwiegungen zum Grunde liegt, ist das Preufsische Pfund von 7680 Gran, welches, nach Herrn Eytelweins sorgfältiger Bestimmung 467,7112 Grammen wiegt. Das Exemplar davon, welches ich benutzte, ist das von Messing gemachte Normalpfund der hiesigen Aichungscommission. Die Abtheilungen desselben erhielt ich dadurch, dafs ich andere, näherungsweise richtige Gewichte von 12, 6, 3, 2, 1 Unzen, 240, 120, 60 Gran zuerst untereinander ausglich, oder vielmehr ihre relativen Fehler bestimmte, dann das wahre Pfund damit wog, wodurch die absoluten Gewichte der einzelnen Stücke bekannt wurden.

Die Pendelkugel von Messing, mit Einschlufs der eingeschraubten Fadenklemme wog 11418,15 Gr.; die letztere allein 19,72. In destillirtem Wasser von 15°, 8 *C.* Wärme, wogen Kugel und Klemme 10025,07, die letztere allein 17,30; dabei stand das Barometer, dessen Temperatur = 12°, 5 *C.* war, auf 341,17 Lin., wodurch die beiden letzten Angaben, auf den leeren Raum reducirt, sich in 10023,63 und 17,30 verwandeln. Hieraus folgt, dafs die Kugel mit der Klemme vereinigt 1394,52 Gr., die letztere allein 2,42 Gr. Wasser von der angegebenen Wärme aus dem Wege drängen; der Unterschied der von beiden eingenommenen Räume drängt also 1392,10 Gr. aus dem Wege.

Nach den Untersuchungen des Herrn Hällström (*Dissertatio de mutationibus voluminis aquae destillatae. Aboae* 1802) ist die Dichte des Wassers bei der angegebenen Temperatur = 0,9993053, das Maximum derselben = 1 gesetzt; also wird der Raum welchen die Kugel bei 15°, 8 *C.* Temperatur einnimmt, durch 1393,067 Gr. des dichtesten Wassers gefüllt, und ihr Raum bei der Temperatur des Eispunkts durch 1391,826 Gran. Hieraus ist das im 15ten Art. angegebene specifische Gewicht hervorgegangen.

Da das Kilogramm einen Cubus des dichtesten Wassers von 1 Decimeter Seite, im leeren Raume aufwiegt, so ist das Gewicht einer Cubiclinie des dichtesten Wassers

$$\frac{1000.7680}{467{,}7112\,(44{,}32959)^3} = 0{,}1884961 \text{ Gran},$$

wodurch man den Unterschied der Räume welche Kugel und Klemme, und die letztere allein, bei der Temperatur des Eispunkts, einnehmen = 7383,84 Cubiclinien findet. Dieser Raum ist aber kleiner als die ganze Kugel, denn es ist an der Stelle wo die Fadenklemme eingeschraubt wird, ein Segment abgeschliffen, dessen Basis ein Kreis von 2 Lin. Halbmesser ist; ferner fehlt noch der Raum welchen die Schraube an der Fadenklemme einnimmt, die man als einen Cylinder von 1,25 Lin. Höhe und 0,75 Lin. Halbmesser ansehen kann. Wenn a den Halbmesser der Kugel bezeichnet, so hat man daher

$$7383{,}84 = \frac{2}{3}\pi a^3 \left\{1 + \left(1 + \frac{2}{aa}\right)\sqrt{\left(1 - \frac{4}{aa}\right)}\right\} - \frac{45}{64}\pi$$

woraus der Halbmesser der Kugel, für die Temperatur des Eispunkts, = $12{,}^{L}082$ folgt.

Berechnung der Pendel für die erste Reihe der Versuche.

Ich werde die Pendel aus acht Theilen zusammengesetzt annehmen und die Gewichte derselben durch m, die Entfernung des Schwerpunkts eines jeden Theils vom Mittelpunkte der Bewegung durch s, das Moment der Trägheit desselben, auf eine horizontale, durch seinen Schwerpunkt gehende Axe bezogen, durch μ bezeichnen.

1. Das Messingblättchen, dessen Länge ich r nenne, und dessen Gewicht $= 0,01759\, r$ ist.

$$m^{(1)} = 0,01759 . r \;;\quad s^{(1)} = \tfrac{1}{2} r \;;\quad \mu^{(1)} = 0,001466 . r^3 .$$

2. Die Klemme am Messingblättchen, mit der eingeschraubten oberen Fadenklemme zusammen, wiegt 40,49 Gran, und ich habe ihren Schwerpunkt 3,56 Lin. unter dem Ende des Messingblättchens gefunden, ihr Moment der Trägheit $= 157$.

$$m^{(2)} = 40,49 \;;\quad s^{(2)} = r + 3,56 \;;\quad \mu^{(2)} = 157 .$$

3. Der Faden, dessen Länge ich durch r' bezeichne, und dessen Gewicht, für beide Pendel, 10,95 und 3,58 Gran ist. Die Fadenklemme in welcher er befestigt ist und die Klemme des Messingblättchens haben, zusammengeschraubt, eine Länge von 6,5 Lin.; der Faden geht durch die erstere ganz hindurch und ist am Ende der Schraube derselben, welche 3,25 Lin. von der Spitze des Kegels dieser Fadenklemme entfernt ist, abgeschnitten; dasselbe findet an dem unteren, in die Kugel eingeschraubten Ende des Fadens statt. Der Anfang des Fadens ist also $r + 3,25$ Lin. vom Mittelpunkte der Bewegung entfernt, und man hat für das lange Pendel:

$$m^{(3)} = 10,95 \;;\quad s^{(3)} = r + 3,25 + \tfrac{1}{2} r' \;;\quad \mu^{(3)} = \frac{10,95}{12}\, r' r' .$$

für das kurze:

$$m^{(3)} = 3,58 \;;\quad s^{(3)} = r + 3,25 + \tfrac{1}{2} r' \;;\quad \mu^{(3)} = \frac{3,58}{12}\, r' r' .$$

4. Der Coincidenzcylinder, für das lange Pendel:

$$m^{(4)} = 3,81 \;;\quad s^{(4)} = 1277,8 \;;\quad \mu^{(4)} = 2 .$$

für das kurze:

$$m^{(4)} = 3,69 \;;\quad s^{(4)} = 413,8 \;;\quad \mu^{(4)} = 2 .$$

5. Die untere Fadenklemme, deren Schwerpunkt von dem Ende ihrer Schraube, also auch von dem des Fadens, 1,83 Lin. entfernt ist,

$$m^{(5)} = 19{,}72\ ; \quad s^{(5)} = r + 1{,}42 + r'\ ; \quad \mu^{(5)} = 19.$$

6. Das abgeschliffene Segment der Kugel, welches ich als eine negative Masse betrachte. Der räumliche Inhalt eines Segments, dessen Basis, am Mittelpunkte einer Kugel vom Halbmesser a, den Winkel 2ϕ einschliefst, ist

$$\tfrac{4}{3}\, a^3\pi \,\mathrm{Sin}\, \tfrac{1}{2}\phi^4 \left\{3 - 2\,\mathrm{Sin}\, \tfrac{1}{2}\phi^2\right\} ;$$

also sein Gewicht, wenn das Gewicht einer Cubiclinie des Metalls durch Δ bezeichnet wird,

$$\tfrac{4}{3}\, \Delta a^3\pi \,\mathrm{Sin}\, \tfrac{1}{2}\phi^4 \left\{3 - 2\,\mathrm{Sin}\, \tfrac{1}{2}\phi^2\right\} ;$$

die Entfernung seines Schwerpunkts von der Basis

$$a \,\mathrm{Sin}\, \tfrac{1}{2}\phi^2 \, \frac{2 - \mathrm{Sin}\, \frac{1}{2}\phi^2}{3 - 2\,\mathrm{Sin}\, \frac{1}{2}\phi^2} ;$$

das Moment der Trägheit, auf den Schwerpunkt bezogen,

$$\frac{4\Delta a^5\pi \,\mathrm{Sin}\, \frac{1}{2}\phi^6}{3 - 2\,\mathrm{Sin}\, \frac{1}{2}\phi^2} \left\{2 - \tfrac{11}{3}\,\mathrm{Sin}\, \tfrac{1}{2}\phi^2 + \tfrac{12}{5}\,\mathrm{Sin}\, \tfrac{1}{2}\phi^4 - \tfrac{3}{5}\,\mathrm{Sin}\, \tfrac{1}{2}\phi^6\right\}.$$

Setzt man in diesen Formeln $\mathrm{Sin}\,\phi = \frac{2}{12{,}082}$ und $\Delta = 8{,}19 \times 0{,}1884961 = 1{,}5437$ Gran, so findet man das Gewicht $= 1{,}63$ Gran; die Entfernung des Schwerpunkts von der Basis $= 0{,}06$ Lin.; das Moment der Trägheit $= 1$. Hiernach ist für das abgeschliffene Segment der Kugel zu nehmen:

$$m^{(6)} = -1{,}63\ ; \quad s^{(6)} = r + 1{,}94 + r'\ ; \quad \mu^{(6)} = -1.$$

7. Das Loch in der Kugel; es ist, von der Basis des Segments angerechnet, 4 Lin. tief gebohrt und hat 0,75 Lin. Halbmesser. Da das Ende des Fadens $r + 3{,}25 + r'$ vom Mittelpunkte der Bewegung, und 1,25 L. von der Basis des Segments entfernt ist, so findet man für das eingebohrte Loch:

$$m^{(7)} = -10{,}91\ ; \quad s^{(7)} = r + 4 + r'\ ; \quad \mu^{(7)} = -16.$$

8. Die Kugel, als vollständig betrachtet. Ihre Masse ist $= 11398{,}43 + 1{,}63 + 10{,}91 = 11410{,}97$ Gr.; ihr Mittelpunkt ist 11,9143 Lin. von der Basis des Segments entfernt, woraus folgt:

$$m^{(8)} = 11410{,}97\ ; \quad s^{(8)} = r + 13{,}91 + r'\ ; \quad \mu^{(8)} = 666285.$$

Ich habe hier nicht näher angegeben, wie ich die Schwerpunkte und Momente der Trägheit der Theile 2 und 5 gefunden habe; ich würde dabei weitläuftigere Erklärungen über die Figuren dieser Theile habe geben müssen, welche ich glaubte unterdrücken zu dürfen, da der Einfluſs derselben auf das Endresultat der Versuche unbedeutend ist.

Die Länge des einfachen, mit dem zusammengesetzten in gleicher Zeit schwingenden Pendels, dieses als festen Körper angesehen, ist

$$l = \frac{\Sigma\mu + \Sigma mss}{\Sigma ms}$$

oder, wenn man die sich auf die Kugel beziehenden Theile dieses Ausdrucks besonders schreibt:

$$l = s^{(8)} + \frac{\Sigma\mu + \Sigma mss - s^{(8)}\Sigma ms}{m^{(8)}s^{(8)} + \Sigma ms}$$

wo Σmss und Σms sich auf die ersten 7 Theile beziehen. Schreibt man $s^{(8)} + c$ für l, so hat man also

$$c = \frac{\Sigma\mu - m^{(1)}s^{(1)}(s^{(8)} - s^{(1)}) - m^{(2)}s^{(2)}(s^{(8)} - s^{(2)}) - \text{u. s. w.} \ldots}{m^{(8)}s^{(8)} + m^{(1)}s^{(1)} + m^{(2)}s^{(2)} + \text{u. s. w.} \ldots}$$

Dieser Ausdruck enthält, auſser bekannten Längen und Gewichten, r und r', oder die Längen des Messingblättchens und des Fadens. Die erstere geht aus der gemessenen und bei den Versuchen angegebenen Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte des Pendels hervor, und ist immer zwischen 14, 5 und 15 Lin., weshalb ich sie durch $14,5 + i$ bezeichnen werde; die andere ist nicht gemessen, sondern muſs durch die ganze Pendellänge ausgedrückt werden. Bezeichnet man diese, so wie sie bei den Versuchen angegeben worden ist, durch $F + h$, wo $F = 442,40$ L., ferner h für das lange Pendel durch $862,6 + i'$ und für das kurze durch $-1,4 + i'$, so hat man durch die Ausdrücke der Entfernungen der Schwerpunkte der Theile (2) und (8) vom Mittelpunkte der Bewegung:

	langes Pendel.		kurzes Pendel.
$r + 3,56$	$= 14,5 + i$		$= 14,5 + i$
$r + r' + 13,91$	$= 1305,00 + i'$		$= 441,00 + i'$

oder

	langes Pendel.		kurzes Pendel.
r	$= 10,94 + i$		$= 10,94 + i$
r'	$= 1280,15 + i' - i$		$= 416,15 + i' - i$

Substituirt man diese Ausdrücke von r und r', so findet man für das lange Pendel:

$$\begin{array}{rlrl}
m^{(1)} = & 0,19 & s^{(1)} = & 5,47 + \frac{1}{2} i \\
m^{(2)} = & 40,49 & s^{(2)} = & 14,50 + i \\
m^{(3)} = & 10,95 & s^{(3)} = & 654,265 + \frac{1}{2} i + \frac{1}{2} i' \\
m^{(4)} = & 3,81 & s^{(4)} = & 1277,80 \\
m^{(5)} = & 19,72 & s^{(5)} = & 1292,51 + i' \\
m^{(6)} = & -\ 1,63 & s^{(6)} = & 1293,03 + i' \\
m^{(7)} = & -\ 10,91 & s^{(7)} = & 1295,09 + i' \\
m^{(8)} = & 11410,97 & s^{(8)} = & 1305,00 + i'
\end{array}$$

$$\begin{array}{rlrl}
s^{(8)} - s^{(1)} = & 1299,53 - \frac{1}{2} i + i' & \mu^{(1)} = & 0 \\
s^{(8)} - s^{(2)} = & 1290,50 - i + i' & \mu^{(2)} = & 157 \\
s^{(8)} - s^{(3)} = & 650,735 - \frac{1}{2} i + \frac{1}{2} i' & \mu^{(3)} = & 1495390 + 2336,3\,(i' - i) \\
s^{(8)} - s^{(4)} = & 27,20 + i' & \mu^{(4)} = & 2 \\
s^{(8)} - s^{(5)} = & 12,49 & \mu^{(5)} = & 19 \\
s^{(8)} - s^{(6)} = & 11,97 & \mu^{(6)} = & -\ 1 \\
s^{(8)} - s^{(7)} = & 9,91 & \mu^{(7)} = & -\ 16 \\
 & & \mu^{(8)} = & 666285
\end{array}$$

und für das kurze:

$$\begin{array}{rlrl}
m^{(1)} = & 0,19 & s^{(1)} = & 5,47 + \frac{1}{2} i \\
m^{(2)} = & 40,49 & s^{(2)} = & 14,50 + i \\
m^{(3)} = & 3,58 & s^{(3)} = & 222,265 + \frac{1}{2} i + \frac{1}{2} i' \\
m^{(4)} = & 3,69 & s^{(4)} = & 413,80 \\
m^{(5)} = & 19,72 & s^{(5)} = & 428,51 + i' \\
m^{(6)} = & -\ 1,63 & s^{(6)} = & 429,03 + i' \\
m^{(7)} = & -\ 10,91 & s^{(7)} = & 431,09 + i' \\
m^{(8)} = & 11410,97 & s^{(8)} = & 441,00 + i'
\end{array}$$

$$\begin{array}{rlrl}
s^{(8)} - s^{(1)} = & 435,53 - \frac{1}{2} i + i' & \mu^{(1)} = & 0 \\
s^{(8)} - s^{(2)} = & 426,50 - i + i' & \mu^{(2)} = & 157 \\
s^{(8)} - s^{(3)} = & 218,735 - \frac{1}{2} i + \frac{1}{2} i' & \mu^{(3)} = & 51666 + 248,3\,(i' - i) \\
s^{(8)} - s^{(4)} = & 27,20 - i' & \mu^{(4)} = & 2 \\
s^{(8)} - s^{(5)} = & 12,49 & \mu^{(5)} = & 19 \\
s^{(8)} - s^{(6)} = & 11,97 & \mu^{(6)} = & -\ 1 \\
s^{(8)} - s^{(7)} = & 9,91 & \mu^{(7)} = & -\ 16 \\
 & & \mu^{(8)} = & 666285
\end{array}$$

Hieraus ergiebt sich für das lange Pendel:

$$c = -\ 0,^{L}23768 - 0,00363\, i - 0,00051\, i'$$

und für das kurze:

$$c = +\ 0,^{L}03992 - 0,00337\, i - 0,00064\, i'.$$

Indessen sind diese Formeln nicht vollständig, indem sie die Pendel als feste Körper voraussetzen und Laplace schon bemerkt hat, dafs man die Drehungen der einzelnen Theile um einander, insofern der sehr biegsame Faden ihnen kein merkliches Hindernifs ist, nicht vernachläfsigen darf. Man überzeugt sich aber leicht, dafs die Theile (1) bis (4) in dieser Beziehung ohne merklichen Einflufs sind; bei den übrigen, welche einen festen Körper bilden, ist dieses nicht der Fall, und überdies kann man nicht bezweifeln, dafs die, vergleichungsweise mit der Steifheit des Fadens sehr grofse Masse dieses Körpers, hinreicht, wirklich eine Biegung des Fadens hervorzubringen. Um den Einflufs derselben zu untersuchen, werde ich annehmen, dafs der erwähnte Körper an einem Faden ohne Masse, von der Länge a befestigt ist. Den Winkel des Fadens mit der Lothlinie bezeichne ich durch u, den Winkel der durch den Befestigungspunkt und den Schwerpunkt des Körpers gehenden geraden, mit der Lothlinie, durch u'; die Entfernung eines Massentheilchens dm des Körpers, vom Befestigungspunkte, durch r; den Winkel dieses r mit der durch den Schwerpunkt gehenden Linie, in der Ebene der Bewegung genommen, durch ψ. Wenn die Coordinaten x lothrecht, y wagrecht genommen werden, so folgt aus der allgemeinen Gleichung der Bewegung um eine feste Axe, nämlich:

$$0 = \int dm \left\{ \left(\frac{d^2x}{dt^2} - \pi^2\lambda \right) \delta x + \frac{d^2y}{dt^2} \cdot \delta y \right\}$$

durch Substitution von

$$x = a \operatorname{Cos} u + r \operatorname{Cos} (u' + \psi)$$
$$y = a \operatorname{Sin} u + r \operatorname{Sin} (u' + \psi)$$

und dadurch dafs man die in δu und $\delta u'$ multiplicirten Theile des Ausdrucks abgesondert $= 0$ setzt:

$$0 = \int dm \left\{ a\frac{d^2u}{dt^2} + r \operatorname{Cos} (u' - u + \psi) \frac{d^2u'}{dt^2} - r \operatorname{Sin} (u' - u + \psi) \left(\frac{du'}{dt}\right)^2 + \pi^2\lambda \operatorname{Sin} u \right\}$$

$$0 = \int dm \left\{ ar \operatorname{Cos} (u' - u + \psi) \frac{d^2u}{dt^2} + ar \operatorname{Sin} (u' - u + \psi) \left(\frac{du}{dt}\right)^2 + rr \frac{d^2u'}{dt^2} + \pi^2\lambda r \operatorname{Sin} (u' + \psi) \right\}$$

Allein, wenn s die Entfernung des Schwerpunkts des Körpers von seinem Befestigungspunkte am Faden, $m\mu$ sein Moment der Trägheit in Beziehung auf den Schwerpunkt bezeichnen, so hat man:

$$\int dm\,.\,r\,\mathrm{Cos}\,(u'-u+\psi) = ms\,\mathrm{Cos}\,(u'-u)$$
$$\int dm\,.\,r\,\mathrm{Sin}\,(u'-u+\psi) = ms\,\mathrm{Sin}\,(u'-u)$$
$$\int dm\,.\,rr = m\,(\mu+ss)$$

wodurch die beiden Gleichungen sich in

$$0 = a\,\frac{d^2u}{dt^2} + s\,\mathrm{Cos}\,(u'-u)\,\frac{d^2u'}{dt^2} - s\,\mathrm{Sin}\,(u'-u)\left(\frac{du'}{dt}\right)^2 + \pi^2\lambda\,\mathrm{Sin}\,u$$
$$0 = as\,\mathrm{Cos}\,(u'-u)\,\frac{d^2u}{dt^2} + as\,\mathrm{Sin}\,(u'-u)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 + (\mu+ss)\,\frac{d^2u'}{dt^2} + \pi^2\lambda s\,\mathrm{Sin}\,u'$$

verwandeln. Man kann aber, für den Fall sehr kleiner Schwingungen, die Glieder der dritten Ordnung von u und u' weglassen, und erhält dann:

$$0 = a\,\frac{d^2u}{dt^2} + s\,\frac{d^2u'}{dt^2} + \pi^2\lambda u$$
$$0 = as\,\frac{d^2u}{dt^2} + (\mu+ss)\,\frac{d^2u'}{dt^2} + \pi^2\lambda s\,.\,u'.$$

Diesen Gleichungen leistet man Genüge durch

$$u = k\,\mathrm{Sin}\,(nt+K)\,,\quad u' = k'\,\mathrm{Sin}\,(nt+K)$$

wodurch man erhält:

$$0 = -knna - k'nns + k\pi^2\lambda$$
$$0 = -knnas - k'nn(\mu+ss) + k'\pi^2\lambda s$$

Eliminirt man k und k', so erhält man die Gleichung

$$0 = \frac{\pi^4\lambda^2}{n^4} - \frac{\pi^2\lambda}{n^2}\left\{a + \frac{\mu+ss}{s}\right\} + \frac{a\mu}{s}\,,$$

deren Auflösung

$$\frac{\pi^2\lambda}{nn} = \frac{a+\frac{\mu+ss}{s}}{2}\left\{1 \pm \sqrt{\left(1 - \frac{4as\mu}{(as+\mu+ss)^2}\right)}\right\}$$

giebt.

Bezeichnet man die beiden Werthe von nn, welche dieser Ausdruck enthält, durch nn und $n'n'$, so hat man

$$u = k\,\mathrm{Sin}\,(nt+K) + l\,\mathrm{Sin}\,(n't+L)$$
$$u' = k'\,\mathrm{Sin}\,(nt+K) + l'\,\mathrm{Sin}\,(n't+L)$$

wo zwischen den vier Constanten k, k', l, l' die oben gefundenen Relationen

$$\frac{k'}{k} = \frac{\pi^2\lambda}{nns} - \frac{a}{s}$$

$$\frac{l'}{l} = \frac{\pi^2\lambda}{n'n's} - \frac{a}{s}$$

stattfinden, also das Integral die gehörige Anzahl Constanten enthält.

Bei der Beobachtung der Schwingungszeit des Pendels, wird bekanntlich das zweite Glied des Ausdrucks von u unmerklich, indem es eine sehr kurze Periode hat und überdies durch den Widerstand der Luft bald vernichtet wird. Die Zeit der Schwingung ist dann die, in welcher der Winkel nt um π wächst, oder sie ist $= \frac{\pi}{n}$; die ihr entsprechende einfache Pendellänge aber ist

$$\frac{\lambda\pi^2}{nn} = \frac{a + \frac{\mu + ss}{s}}{2}\left\{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{4as\mu}{(as + \mu + ss)^2}\right)}\right\}.$$

Wäre das Pendel ein fester Körper, so würde die Länge des einfachen Pendels von gleicher Schwingungszeit

$$= a + s + \frac{\mu}{a+s}$$

sein; sie ist aber, wenn man sie nach den Potenzen von μ entwickelt,

$$= a + s + \frac{\mu}{a+s} + \frac{a\mu^2}{s(a+s)^3} - \frac{a\mu^3}{ss(a+s)^4} \text{ u. s. w. . . .}$$

Es ist daher dem in der ersteren Hypothese berechneten c, noch

$$+ \frac{a\mu^2}{s(a+s)^3} - \frac{a\mu^3}{ss(a+s)^4} \text{ u. s. w. . . .}$$

hinzuzufügen.

Setzt man in diese Formel die aus den oben gemachten Angaben folgenden Werthe von μ und s, nämlich $\mu = 58,50$ und $s = 12,48$, so erhält man die von der Biegsamkeit des Pendels herrührende Verbesserung von c, für das lange Pendel $= + 0,^L00016$ und für das kurze $= + 0,^L00137$, und damit die vollständigen Ausdrücke

für das lange Pendel $c = - 0,^L23752 - 0,00363\, i - 0,00051 \,.\, i'$

für das kurze Pendel $c = + 0,^L04129 - 0,00337\, i - 0,00064 \,.\, i'$.

Berechnung der Pendel für die zweite Reihe der Versuche.

a. Pendel mit der Schneide. Um das Moment der Trägheit der Schneide und ihres Rahmens zu finden, deren Figur zu zusammengesetzt ist um

sie mit aller wünschenswerthen Genauigkeit berechnen zu können, habe ich sowohl die Schneide und ihren Rahmen allein, als auch in Verbindung mit einem angeschraubten Cylinder von Messing schwingen lassen, in welchem bei den Versuchen die Fadenklemme eingeschraubt wird. Das Gewicht der Schneide und ihres Rahmens ist = 194, 39 Gran, und sie vollendete eine Schwingung in 2,″9042 MZ., welcher die Länge eines einfachen Pendels $l = 3718,0$ Lin. entspricht. Als aber der Cylinder angeschraubt war, dessen Gewicht = 26, 81 Gran ist, dessen Schwerpunkt 7, 78 Lin. unter der Schneide liegt, und dessen Moment der Trägheit, für eine durch seinen Schwerpunkt gehende Axe ich = 92, 1 gefunden habe, war die Dauer einer Schwingung = 0,″2971 MZ.; oder die correspondirende einfache Pendellänge = 38, 91 Lin.

Bezeichnet man das gesuchte Moment der Trägheit der Schneide und ihres Rahmens durch μ, die unbekannte Entfernung des Schwerpunkts beider von der Schneide, durch s, so hat man die beiden Gleichungen:

$$3718,0 = \frac{\mu + 194,39 . ss}{194,39 . s}$$

$$38,91 = \frac{\mu + 194,39\, ss + 92,1 + 26,81\,(7,78)^2}{194,39\, s + 26,81 . 7,78}$$

und ihre Auflösung ergiebt $\mu = 6469$, $s = 0,^{L}0089502$. Ferner ist noch nöthig zu wissen, daſs, wenn die Fadenklemme in den Cylinder am Rahmen der Schraube eingeschraubt ist, ihr Schwerpunkt 3, 78 Lin. niedriger ist als der Schwerpunkt dieses Cylinders. Übrigens gelten alle bei der ersten Reihe der Versuche angegebenen Bestimmungen der Theile der Pendel auch hier, bis auf das Gewicht der Fäden, welches, da neue etwas längere Fäden genommen wurden, eine Veränderung erlitt. Man hat also für das lange Pendel ($i' = h - 862,52$):

$m^{(1)} = \begin{cases} 194,39 \\ 26,81 \end{cases}$	$s^{(1)} = \begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases}$	$s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 1304,99 + i' \\ 1297,22 + i' \end{cases}$	$\mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases}$
$m^{(2)} = 19,72$	$s^{(2)} = 11,56$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 1293,44 + i'$	$\mu^{(2)} = 19$
$m^{(3)} = 11,06$	$s^{(3)} = 652,035 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 652,965 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 1520955 + 2368,0\, i'$
$m^{(4)} = 3,81$	$s^{(4)} = 1277,80$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27,20 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 1292,51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,49$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -1,63$	$s^{(6)} = 1293,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,97$	$\mu^{(6)} = -1$
$m^{(7)} = -10,91$	$s^{(7)} = 1295,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,91$	$\mu^{(7)} = -16$
$m^{(8)} = 11410,97$	$s^{(8)} = 1305,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$

und für das kurze $(i' = h + 1,48)$:

$m^{(1)} = \begin{cases} 194{,}39 \\ 26{,}81 \end{cases}$	$s^{(1)} = \begin{cases} 0{,}00895 \\ 7{,}78 \end{cases}$	$s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 440{,}99 + i' \\ 433{,}22 + i' \end{cases}$	$\mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases}$
$m^{(2)} = 19{,}72$	$s^{(2)} = 11{,}56$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 429{,}44 + i'$	$\mu^{(2)} = 19$
$m^{(3)} = 3{,}60$	$s^{(3)} = 220{,}035 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 220{,}965 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 53074 + 252{,}4\, i'$
$m^{(4)} = 3{,}69$	$s^{(4)} = 413{,}80$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27{,}20 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19{,}72$	$s^{(5)} = 428{,}51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12{,}49$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -1{,}63$	$s^{(6)} = 429{,}03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11{,}97$	$\mu^{(6)} = -1$
$m^{(7)} = -10{,}91$	$s^{(7)} = 431{,}09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9{,}91$	$\mu^{(7)} = -16$
$m^{(8)} = 11410{,}97$	$s^{(8)} = 441{,}00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$

b. **Pendel mit der Klemme.** Das Messingblättchen war 6,35 Lin. lang. Übrigens waren beide Pendel, bis auf den Faden, in demselben Zustande wie bei der ersten Reihe der Versuche. Man hat also für das lange Pendel $(i' = h - 862,56)$:

$m^{(1)} = 0{,}11$	$s^{(1)} = 3{,}18$	$s^{(8)} - s^{(1)} = 1301{,}82 + i'$	$\mu^{(1)} = 0$
$m^{(2)} = 40{,}49$	$s^{(2)} = 9{,}91$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 1295{,}09 + i'$	$\mu^{(2)} = 157$
$m^{(3)} = 11{,}06$	$s^{(3)} = 651{,}97 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 653{,}03 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 1521263 + 2368 . 2 i'$
$m^{(4)} = 3{,}81$	$s^{(4)} = 1277{,}80$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27{,}20 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19{,}72$	$s^{(5)} = 1292{,}51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12{,}49$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -1{,}63$	$s^{(6)} = 1293{,}03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11{,}97$	$\mu^{(6)} = -1$
$m^{(7)} = -10{,}91$	$s^{(7)} = 1295{,}09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9{,}91$	$\mu^{(7)} = -16$
$m^{(8)} = 11410{,}97$	$s^{(8)} = 1305{,}00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$

und für das kurze $(i' = h + 1,44)$:

$m^{(1)} = 0{,}11$	$s^{(1)} = 3{,}18$	$s^{(8)} - s^{(1)} = 437{,}82 + i'$	$\mu^{(1)} = 0$
$m^{(2)} = 40{,}49$	$s^{(2)} = 9{,}91$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 431{,}09 + i'$	$\mu^{(2)} = 157$
$m^{(3)} = 3{,}60$	$s^{(3)} = 219{,}97 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 221{,}03 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 53107 + 252{,}4\, i'$
$m^{(4)} = 3{,}69$	$s^{(4)} = 413{,}80$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27{,}20 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19{,}72$	$s^{(5)} = 428{,}51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12{,}49$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -1{,}63$	$s^{(6)} = 429{,}03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11{,}97$	$\mu^{(6)} = -1$
$m^{(7)} = -10{,}91$	$s^{(7)} = 431{,}09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9{,}91$	$\mu^{(7)} = -16$
$m^{(8)} = 11410{,}97$	$s^{(8)} = 441{,}00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$

c. **Pendel mit dem Abwickelungs-Cylinder.** Das Messingblättchen war 6,84 Lin. lang. Aus der Beschreibung der zu diesen Versuchen angewandten Einrichtung, im 18ten Art., geht hervor, dafs die Axe des Abwickelungs-Cylinders, welcher mit seiner Oberfläche auf der hori-

zontalen Ebene liegt auf welcher auch die Schneide und die Klemme ruhen, um seinen Halbmesser höher ist, als bei den früheren Versuchen. Dieses hat zur Folge, daſs die Scale, und auch der Coincidenz-Cylinder, von dem Mittelpunkte der Bewegung um 0,5 Lin. entfernter sind. Übrigens ist zwischen beiden Pendeln und den in der ersten Reihe der Versuche angewandten, kein Unterschied, auſser in der Länge und dem Gewichte der Fäden. Man hat also für das lange Pendel ($i' = h - 862,06$):

$m^{(1)} = 0,12$	$s^{(1)} = 3,42$	$s^{(8)} - s^{(1)} = 1301,58 + i'$	$\mu^{(1)} = 0$
$m^{(2)} = 40,49$	$s^{(2)} = 10,40$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 1294,60 + i'$	$\mu^{(2)} = 157$
$m^{(3)} = 11,06$	$s^{(3)} = 652,215 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 652,785 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 1520103 + 2367,3\, i'$
$m^{(4)} = 3,81$	$s^{(4)} = 1278,30$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 26,70 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 1292,51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,49$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -1,63$	$s^{(6)} = 1293,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,97$	$\mu^{(6)} = -1$
$m^{(7)} = -10,91$	$s^{(7)} = 1295,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,91$	$\mu^{(7)} = -16$
$m^{(8)} = 11410,97$	$s^{(8)} = 1305,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$

nnd für das kurze ($i' = h + 1,94$):

$m^{(1)} = 0,12$	$s^{(1)} = 3,42$	$s^{(8)} - s^{(1)} = 437,58 + i'$	$\mu^{(1)} = 0$
$m^{(2)} = 40,49$	$s^{(2)} = 10,40$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 430,60 + i'$	$\mu^{(2)} = 157$
$m^{(3)} = 3,60$	$s^{(3)} = 220,215 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 220,785 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 52985 + 252,2\, i'$
$m^{(4)} = 3,69$	$s^{(4)} = 414,30$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 26,70 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 428,51 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,49$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -1,63$	$s^{(6)} = 429,03 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,97$	$\mu^{(6)} = -1$
$m^{(7)} = -10,91$	$s^{(7)} = 431,09 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,91$	$\mu^{(7)} = -16$
$m^{(8)} = 11410,97$	$s^{(8)} = 441,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 666285$

Aus diesen Angaben folgt für die sechs angewandten Pendel:

Schneide	langes Pendel	$c = -0^L,22586 - 0,00052 . i'$
	kurzes ———	$c = +0,05355 - 0,00064 . i'$
Klemme	langes Pendel	$c = -0,22307 - 0,00052 . i'$
	kurzes ———	$c = +0,05544 - 0,00064 . i'$
Abwickelungs - Cylinder	langes Pendel	$c = -0,22471 - 0,00052 . i'$
	kurzes ———	$c = +0,05389 - 0,00064 . i'$

Fügt man noch die von der Biegsamkeit des Fadens abhängige Verbesserung hinzu, so erhält man die vollständigen, zur Reduction der Beobachtungen angewandten Formeln:

Schneide	langes Pendel	$c = -0{,}^L22570 - 0{,}00052 \,.\, i'$
	kurzes ———	$c = +0{,}05492 - 0{,}00064 \,.\, i'$
Klemme.............	langes Pendel	$c = -0{,}22291 - 0{,}00052 \,.\, i'$
	kurzes ———	$c = +0{,}05681 - 0{,}00064 \,.\, i'$
Abwickelungs - Cylinder	langes Pendel	$c = -0{,}22455 - 0{,}00052 \,.\, i'$
	kurzes ———	$c = +0{,}05526 - 0{,}00064 \,.\, i'$

Berechnung der Pendel für die dritte Reihe der Versuche.

Die Kugel von Elfenbein, womit diese Reihe von Versuchen gemacht wurde, wiegt, mit der eingeschraubten Fadenklemme zusammen (auf den leeren Raum reducirt) 2481,26 Gran. Im dichtesten Wasser, dessen Temperatur genau dieselbe ist, in welcher die Abwiegung gemacht wurde, wiegt sie 1098,50 Gran, woraus das specifische Gewicht der vereinigten Kugel und Klemme = 1,79443 folgt, so wie es im 15ten Art. angegeben worden ist.

Nachdem das Loch in der Kugel, in welches die Klemme eingeschraubt wird, mit Wachs ausgefüllt war; wog sie im leeren Raume 2461,80 Gran, und im dichtesten Wasser 1081,38 Gran. Sie drängte also 1380,42 Gran des dichtesten Wassers aus dem Wege, woraus, nach dem oben angegebenen Gewichte einer Cubiclinie des dichtesten Wassers, ihr Halbmesser = 12,047 Lin. folgt. Da die Versuche dieser Reihe, sehr nahe in derselben Temperatur gemacht wurden, in welcher die Kugel in Wasser gewogen wurde, so behielt ich den unmittelbar gefundenen Werth des Halbmessers, bei der Reduction der Versuche unverändert bei.

Das Loch in dieser Kugel ist dem in der Kugel von Messing befindlichen, gleich, so dafs man die Massen $m^{(6)}$ und $m^{(7)}$ erhält, wenn man ihre Werthe für die Kugel von Messing, im Verhältnisse der specifischen Gewichte = 8,19 : 1,783 verkleinert. Allein da der Halbmesser der Kugel von Elfenbein $0{,}^L035$ kleiner ist als der der Kugel von Messing, so wird der Ausdruck von $s^{(8)}$, welcher vorher $r + 13{,}91 + r'$ war, ein wenig geändert und zwar $r + 13{,}88 + r'$. Die Länge des Messingblättchens, bei den Versuchen mit dem Abwickelungs-Cylinder, war 6,48 Lin,; bei der Anwendung der Schneide war diese in demselben Zustande, in welchem sie bei den früheren Versuchen war. Die Fäden, feiner als früher, wogen 6,28 und 2,04 Gran. Man hat daher zur Berechnung der Reduction auf das einfache Pendel folgende Data:

a. **Pendel mit dem Abwickelungs-Cylinder.**

Für das lange $(i' = h - 862,58)$

$m^{(1)} = 0,11$	$s^{(1)} = 3,24$	$s^{(8)} - s^{(1)} = 1301,76 + i'$	$\mu^{(1)} = 0$
$m^{(2)} = 40,49$	$s^{(2)} = 10,04$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 1294,96 + i'$	$\mu^{(2)} = 157$
$m^{(3)} = 6,28$	$s^{(3)} = 652,05 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 652,95 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 863657 + 1344,6\, i'$
$m^{(4)} = 3,81$	$s^{(4)} = 1278,30$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 26,70 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 1292,54 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,46$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -0,35$	$s^{(6)} = 1293,06 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,94$	$\mu^{(6)} = 0$
$m^{(7)} = -2,38$	$s^{(7)} = 1295,12 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,88$	$\mu^{(7)} = -4$
$m^{(8)} = 2464,27$	$s^{(8)} = 1305,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 143056$

für das kurze $(i' = h + 1,42)$

$m^{(1)} = 0,11$	$s^{(1)} = 3,24$	$s^{(8)} - s^{(1)} = 437,76 + i'$	$\mu^{(1)} = 0$
$m^{(2)} = 40,49$	$s^{(2)} = 10,04$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 430,96 + i'$	$\mu^{(2)} = 157$
$m^{(3)} = 2,04$	$s^{(3)} = 220,05 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 220,95 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 30079 + 143,0 . i'$
$m^{(4)} = 3,69$	$s^{(4)} = 414,30$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 26,70 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 428,54 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,46$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -0,35$	$s^{(6)} = 429,06 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,94$	$\mu^{(6)} = 0$
$m^{(7)} = -2,38$	$s^{(7)} = 431,12 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,88$	$\mu^{(7)} = -4$
$m^{(8)} = 2464,27$	$s^{(8)} = 441,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 143056$

b. **Pendel mit der Schneide.**

Für das lange $(i' = h - 862,58)$

$m^{(1)} = \begin{cases} 194,39 \\ 26,81 \end{cases}$	$s^{(1)} = \begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases}$	$s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 1304,99 + i' \\ 1297,22 + i' \end{cases}$	$\mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases}$
$m^{(2)} = 19,72$	$s^{(2)} = 11,56$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 1293,44 + i'$	$\mu^{(2)} = 19$
$m^{(3)} = 6,28$	$s^{(3)} = 652,05 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 652,95 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 863657 + 1344,6 . i'$
$m^{(4)} = 3,81$	$s^{(4)} = 1277,80$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27,20 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 1292,54 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,46$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -0,35$	$s^{(6)} = 1293,06 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,94$	$\mu^{(6)} = 0$
$m^{(7)} = -2,38$	$s^{(7)} = 1295,12 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,88$	$\mu^{(7)} = -4$
$m^{(8)} = 2464,27$	$s^{(8)} = 1305,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 143056$

für das kurze $(i' = h + 1,42)$

$m^{(1)} = \begin{cases} 194,39 \\ 26,81 \end{cases}$	$s^{(1)} = \begin{cases} 0,00895 \\ 7,78 \end{cases}$	$s^{(8)} - s^{(1)} = \begin{cases} 440,99 + i' \\ 433,22 + i' \end{cases}$	$\mu^{(1)} = \begin{cases} 6469 \\ 92 \end{cases}$
$m^{(2)} = 19,72$	$s^{(2)} = 11,56$	$s^{(8)} - s^{(2)} = 429,44 + i'$	$\mu^{(2)} = 19$
$m^{(3)} = 2,04$	$s^{(3)} = 220,05 + \frac{1}{2} i'$	$s^{(8)} - s^{(3)} = 220,95 + \frac{1}{2} i'$	$\mu^{(3)} = 30079 + 143,0 . i'$
$m^{(4)} = 3,69$	$s^{(4)} = 413,80$	$s^{(8)} - s^{(4)} = 27,20 + i'$	$\mu^{(4)} = 2$
$m^{(5)} = 19,72$	$s^{(5)} = 428,54 + i'$	$s^{(8)} - s^{(5)} = 12,46$	$\mu^{(5)} = 19$
$m^{(6)} = -0,35$	$s^{(6)} = 429,06 + i'$	$s^{(8)} - s^{(6)} = 11,94$	$\mu^{(6)} = 0$
$m^{(7)} = -2,38$	$s^{(7)} = 431,12 + i'$	$s^{(8)} - s^{(7)} = 9,88$	$\mu^{(7)} = -4$
$m^{(8)} = 2464,27$	$s^{(8)} = 441,00 + i'$		$\mu^{(8)} = 143056$

Hieraus folgt, für die vier angewandten Pendel:

$$\text{Abwickelungs-Cylinder} \begin{cases} \text{langes Pendel } c = -\,0,^{L}80241 - 0,00193 \,.\, i' \\ \text{kurzes} \text{ ——— } c = -\,0,21471 - 0,00176 \,.\, i' \end{cases}$$

$$\text{Schneide} \ldots\ldots\ldots\ldots \begin{cases} \text{langes Pendel } c = -\,0,81372 - 0,00193 \,.\, i' \\ \text{kurzes} \text{ ——— } c = -\,0,22197 - 0,00178 \,.\, i' \end{cases}$$

Die Einwirkung der Biegsamkeit des Fadens, ist für das lange Pendel $= +\,0,^{L}00016$ und für das kurze $+\,0,^{L}00138$. Also sind die vollständigen Formeln:

$$\text{Abwickelungs-Cylinder} \begin{cases} \text{langes Pendel } c = -\,0,^{L}80225 - 0,00193 \,.\, i' \\ \text{kurzes} \text{ ——— } c = -\,0,21333 - 0,00176 \,.\, i' \end{cases}$$

$$\text{Schneide} \ldots\ldots\ldots\ldots \begin{cases} \text{langes Pendel } c = -\,0,81356 - 0,00193 \,.\, i' \\ \text{kurzes} \text{ ——— } c = -\,0,22059 - 0,00178 \,.\, i' \end{cases}$$

Beilage VIII.

Untersuchung des Einflusses der Ungleichheiten des Fadens auf die Reduction auf das einfache Pendel.

Ich nehme den Anfangspunkt des Fadens in der Entfernung $= r$ vom Mittelpunkte der Bewegung an, seine Länge $= r'$, seinen Queerschnitt in der Entfernung x von seiner Mitte $= \phi x$ und das Gewicht einer Cubiclinie seiner Materie $= \Delta$. Nach diesen Bezeichnungen ist das Gewicht des ganzen Fadens

$$m = \Delta \int \phi x \,.\, dx\,;$$

das Product des Gewichts in die Entfernung des Schwerpunkts des Fadens vom Aufhängepunkte

$$ms = \Delta \int \phi x \,.\, (r + \tfrac{1}{2} r' + x)\, dx\,;$$

das Moment der Trägheit des Fadens, auf den Mittelpunkt der Bewegung bezogen

$$\mu = \Delta \int \phi x \left(r + \tfrac{1}{2} r' + x\right)^2 dx$$

Wenn man m, ms, μ für alle übrigen Theile des Pendels zusammengenommen, durch m', $m's'$, μ' bezeichnet, so hat man die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels, ohne Rücksicht auf den Faden,

$$l = \frac{\mu'}{m's'}$$

und mit Rücksicht auf denselben

$$l+\delta l=\frac{\mu'+\Delta\int\phi x.(r+\frac{1}{2}r'+x)^2dx}{m's'+\Delta\int\phi x.(r+\frac{1}{2}r'+x)\,dx};$$

woraus der Einflufs des Fadens

$$\delta l=\frac{\Delta}{m's'}\left\{\int\phi x\left(r+\frac{1}{2}r'+x\right)^2dx-l\int\phi x\left(r+\frac{1}{2}r'+x\right)dx\right\}$$

und wenn man für Δ seinen Ausdruck $\frac{m}{\int\phi x.dx}$ schreibt,

$$\delta l=\frac{m}{m's'}\left\{\frac{\int\phi x\,(r+\frac{1}{2}r'+x)^2dx}{\int\phi x.dx}-l\,\frac{\int\phi x\,(r+\frac{1}{2}r'+x)\,dx}{\int\phi x.dx}\right\}$$

oder auch

$$\delta l=\frac{m}{m's'}\left\{\left(r+\frac{1}{2}r'-l\right)\left(r+\frac{1}{2}r'\right)-\left(2r+r'-l\right)\frac{\int\phi x.xdx}{\int\phi x.dx}+\frac{\int\phi x.xxdx}{\int\phi x.dx}\right\}$$

hervorgeht; die Integrale werden von $-\frac{1}{2}r'$ bis $+\frac{1}{2}r'$ genommen.

Kehrt man den Faden um, so dafs das obere Ende das untere wird, so hat man in diesem Ausdrucke $\phi(-x)$ für ϕx zu schreiben, wodurch man in dieser Lage des Fadens erhält:

$$\delta l=\frac{m}{m's'}\left\{\left(r+\frac{1}{2}r'-l\right)\left(r+\frac{1}{2}r'\right)+\left(2r+r'-l\right)\frac{\int\phi x.xdx}{\int\phi x.dx}+\frac{\int\phi x.xxdx}{\int\phi x.dx}\right\}$$

Hieraus geht hervor, dafs der Einflufs der Ungleichheiten des Fadens in beiden Lagen nahe gleich ist, indem das Glied welches in beiden Ausdrücken ein verschiedenes Zeichen hat, wegen der Multiplication mit $2r+r'-l$, eine geringe Wirkung erlangt, denn dieser Factor ist klein, immer wenn der Faden nahe bei dem Mittelpunkte der Bewegung anfängt, und sich nahe bei dem Mittelpunkte der Schwingung endigt. Die halbe Summe beider Ausdrücke ist der Einflufs auf das Mittel aus zwei Versuchen, zwischen welchen der Faden umgekehrt worden ist:

$$=\frac{m}{m's'}\left\{\left(r+\frac{1}{2}r'-l\right)\left(r+\frac{1}{2}r'\right)+\frac{\int\phi x.xxdx}{\int\phi x.dx}\right\}$$

Setzt man nun

$$\phi x=h\left\{1+\alpha\,\frac{x}{r'}+\beta\,\frac{xx}{r'r'}+\text{u. s. w.}\right\}$$

wo h den Queerschnitt in der Mitte des Fadens bedeutet, so verschwinden aus beiden Integralen die ungeraden Glieder und man erhält:

$$\int \phi x . xx\, dx = hr'^3 \left\{ \frac{1}{3.2^2} + \frac{\beta}{5.2^4} + \frac{\delta}{7.2^6} + \text{u. s. w.} \ldots \right\}$$

$$\int \phi x . dx = hr' \left\{ 1 + \frac{\beta}{3.2^2} + \frac{\delta}{5.2^4} + \text{u. s. w.} \ldots \right\}$$

woraus also, wenn man die Potenzen und Producte von β, δ, ... vernachläſsigt, der gesuchte Einfluſs des Fadens

$$= \frac{m}{m's'} \left\{ \frac{1}{3} r'r' - \frac{1}{2} r'(l-2r) - r(l-r) + r'r' \left(\frac{\beta}{180} + \frac{\delta}{840} + \frac{\zeta}{4032} + \text{u. s. w.} \right) \right\}$$

folgt.

Die Reduction der Länge des einfachen Pendels auf das zusammengesetzte ist daher

$$- \frac{m}{m's'} \left\{ \frac{1}{3} r'r' - \frac{1}{2} r'(l-2r) - r(l-r) \right\} \left\{ 1 + \frac{r'r' \left(\frac{\beta}{180} + \frac{\delta}{840} + \frac{\zeta}{4032} + \text{u. s. w.} \right)}{\frac{1}{3} r'r' - \frac{1}{2} r'(l-2r) - r(l-r)} \right\}$$

und sie ist bei den Versuchen ohne Rücksicht auf die Ungleichheiten in Rechnung gebracht.

Man hat für beide Pendel des Apparats, in der ersten Reihe der Versuche:

Angewandte Reduction wegen des Fadens	$+ 0{,}^{L}2126$;	$+ 0{,}^{L}0244$
Länge des Fadens r'	$= 1280{,}33$;	$416{,}34$
Länge des gleichzeitigen einfachen Pendels...... l	$= 1305{,}27$;	$441{,}56$
Anfang des Fadens unter dem Aufhängepunkt ... r	$= 14{,}52$;	$14{,}52$

Hieraus folgt die vollständige Reduction für beide Pendel:

das lange $= + 0{,}^{L}2126 - 0{,}^{L}00669 . \beta - 0{,}^{L}001434 . \delta - 0{,}^{L}000299 . \zeta$ — u. s. w.

das kurze $= + 0{,}^{L}0244 - 0{,}^{L}00068 . \beta - 0{,}^{L}000147 . \delta - 0{,}^{L}000031 . \zeta$ — u. s. w.

Um eine Schätzung der möglichen Gröſse der Coefficienten β, δ, ζ... zu erhalten, habe ich den Durchmesser des langen Fadens, mit einem der Pistorschen, zur Prüfung der Theilungen des Meridiankreises bestimmten Mikroskope, an vielen verschiedenen Stellen gemessen, und ihn im Mittel $= 0{,}^{L}0861$ gefunden. Die gröſste Abweichung von diesem Mittel war $0{,}^{L}0013$, und ich habe keinen Grund, die Messungen selbst, welche eine doppelte Einstellung des Mikroskops auf beide Ränder des Fadens erfordern, für sicherer zu halten. Nimmt man aber diesen Unterschied für eine wirkliche Ungleich-

heit des Fadens, die Ungleichheit der Queerschnitte doppelt so grofs $= \frac{1}{33}$ des Ganzen, und verlegt man sie auf beide Enden des Fadens, wo sie den gröfsten Einflufs erhält, so ist

$$\frac{1}{33} = \frac{\beta}{4} + \frac{\delta}{16} + \frac{\zeta}{64} + \ldots,$$

Jenachdem die Ungleichheit dem von β, oder δ, oder ζ... abhängigen Gliede zugeschrieben wird, erhält man die Verbesserung der Reduction, für das

lange Pendel	$-0,^L00081$;	$-0,^L00070$;	$-0,^L00058$
kurze ———	$-0,^L00008$;	$-0,^L00007$;	$-0,^L00006$

Im ungünstigsten Falle erhielte also, selbst diese unwahrscheinliche Annahme der Ungleichheit des Fadens, auf die Länge des Secundenpendels, nur einen Einflufs von $0,^L0004$. In der Wirklichkeit ist derselbe aber ohne Zweifel kleiner. Man kann ihn also als unmerklich betrachten; auch würde das Resultat ähnlicher Versuche nicht merklich an Sicherheit gewinnen, wenn man die Fäden oft mit neuen vertauschte.

Beilage IX.

Einflufs der cylindrischen Figur der Schneide, worauf ein Pendel sich bewegt, auf die Schwingungszeit.

1.

Ich nehme an, dafs die Schneide, durch eine Cylinderfläche begrenzt wird, deren Gleichung zwischen rechtwinklichten Coordinaten ξ und η ich durch $V = 0$ bezeichne. Der Mittelpunkt dieser Coordinaten ist der Berührungspunkt der Schneide und der Ebene worauf sie liegt, im Zustande der Ruhe des Pendels; in diesem Zustande ist die Axe der ξ lothrecht, die der η wagrecht; die ξ sind unterhalb dem Mittelpunkte der Coordinaten positiv, die η rechts von der Lothlinie.

Wenn das Pendel den Winkel u mit der Lothlinie macht, so berührt ein Punkt der cylindrischen Schneide die Ebene, dessen Coordinaten ich durch ξ' und η' bezeichne. Die auf ein zweites, im Raume festes Axensystem, mit welchem das erste zusammenfällt, wenn das Pendel in Ruhe ist,

bezogenen Coordinaten eines Massentheilchens dm des Pendels, werde ich x und y nennen; x wird unter der Ebene positiv genommen, y und u links von der Lothlinie. Die auf dieses zweite Axensystem bezogenen Coordinaten des Mittelpunkts des ersteren, werden durch x' und y' bezeichnet. Man hat also

$$x = x' + \xi \operatorname{Cos} u + \eta \operatorname{Sin} u$$
$$y = y' + \xi \operatorname{Sin} u - \eta \operatorname{Cos} u$$

Die Differentialgleichung der Bewegung des Pendels ist

$$c = \int \frac{dx^2 + dy^2}{dt^2}\, dm - 2\pi^2 \lambda \int x\, dm$$

wo λ die Länge des einfachen Secundenpendels bezeichnet; indem die Axe der ξ durch den Schwerpunkt geht, ist

$$\int \xi\, dm = ms$$
$$\int \eta\, dm = 0$$
$$\int (\xi\xi + \eta\eta)\, dm = m\,(\mu + ss)$$

wo m die Masse des Pendels, s die Coordinate ξ des Schwerpunkts und $m\mu$ das Moment der Trägheit, bezogen auf eine der Drehungsaxe parallel, durch den Schwerpunkt gelegte Axe bedeuten. Hierdurch verwandelt die Differentialgleichung sich in:

$$c = (\mu + ss)\left(\frac{du}{dt}\right)^2 + 2s\,\frac{du}{dt}\left(\frac{dy'}{dt}\operatorname{Cos} u - \frac{dx'}{dt}\operatorname{Sin} u\right) + \frac{dx'^2 + dy'^2}{dt^2}$$
$$- 2\pi^2\lambda\,\{s \operatorname{Cos} u - x'\} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

2.

Die Coordinaten x' und y' hängen von den Coordinaten ξ' und η' des Berührungspunkts des Cylinders und der Ebene ab; es ist nämlich, wenn σ den Bogen auf der Oberfläche des Cylinders, zwischen dem Berührungspunkte und dem Anfangspunkte der Coordinaten bedeutet,

$$x' = -\xi' \operatorname{Cos} u - \eta' \operatorname{Sin} u$$
$$y' = -\xi' \operatorname{Sin} u + \eta' \operatorname{Cos} u - \sigma.$$

Indem die Normale an den Berührungspunkt die Axe der ξ im Winkel u durchschneidet, hat man

$$d\xi' = -d\sigma \operatorname{Sin} u; \quad d\eta' = d\sigma . \operatorname{Cos} u$$

und wenn dieses in das Differential der Gleichung $V = 0$ gesetzt wird,

$$0 = \left(\frac{dV}{d\xi'}\right) \text{Sin}\, u - \left(\frac{dV}{d\eta'}\right) \text{Cos}\, u \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

wodurch, mit $V = 0$ verbunden, ξ' und η' durch u bestimmt werden.

Drückt man x' und y' in (1) durch ξ' und η' aus, und läſst man das dx'^2 und dy'^2 enthaltende Glied weg, indem es von der Ordnung des Quadrats der Abstumpfung der Schneide ist, welche Ordnung ich allenthalben vernachläſsigen werde, so verwandelt sich (1) in

$$c = (\mu + ss - 2s\xi')\left(\frac{du}{dt}\right)^2 - 2\pi^2\lambda\left((s-\xi')\,\text{Cos}\, u - \eta'\,\text{Sin}\, u\right)$$

Diese Differentialgleichung ist unter der allgemeinen Form begriffen, deren Integral ich in der I. Beilage gegeben habe; es ist nämlich hier

$$nn = \frac{\pi^2\lambda s}{\mu + ss}$$

$$fu = -\frac{\xi'}{s}\,\text{Cos}\, u - \frac{\eta'}{s}\,\text{Sin}\, u$$

$$f'u = -\frac{s}{\mu + ss}\cdot\xi'$$

Da ξ' und η' für $u = 0$ verschwinden, so ist $f0 = 0$; ferner ist

$$\frac{d\,\frac{fu}{\text{Sin}\, u}}{du} = \frac{\xi'}{s\,.\,\text{Sin}\, u^2} - \frac{d\xi'.\,\text{Cos}\, u + d\eta'\,\text{Sin}\, u}{s\,.\,\text{Sin}\, u\,.\,du} = \frac{\xi'}{s\,\text{Sin}\, u^2}$$

Der Ausdruck der Schwingungszeit (Beilage I. 3) verwandelt sich daher in

$$\frac{\pi}{n}\left\{Fu'' - \frac{fu' + f(-u')}{2\,\text{Sin}\, u'}\cdot\frac{dFu'}{du'}\right\} + \frac{1}{ns}\int\frac{\xi'\left(1 - \frac{s}{l}\,\text{Sin}\, u^2\right)du}{\text{Sin}\, u^2\sqrt{(2\,\text{Cos}\, u - 2\,\text{Cos}\, u')}}$$

wo $l.s$ für $\mu + ss$ geschrieben ist, also l die Länge des einfachen Pendels bedeutet, welches mit dem untersuchten Pendel gleichzeitig schwingen würde, wenn dieses sich um den Anfangspunkt der Coordinaten drehte. Bezeichnet man aber die der Schwingungszeit um die cylindrische Schneide entsprechende einfache Pendellänge durch l', so hat man die wirkliche Schwingungszeit $= \sqrt{\frac{l'}{\lambda}}\cdot Fu''$, und wenn man sie ihrem eben gegebenen Ausdruck gleich setzt:

$$l' = l - l\cdot\frac{fu' + f(-u')}{\text{Sin}\, u'}\cdot\frac{dFu'}{Fu'.\,du'} + \frac{2l}{sFu'}\cdot\frac{1}{\pi}\int\frac{\xi'\left(1 - \frac{s}{l}\,\text{Sin}\, u^2\right)du}{\text{Sin}\, u^2\sqrt{(2\,\text{Cos}\, u - 2\,\text{Cos}\, u')}} \ldots (3)$$

3.

Ich werde jetzt annehmen, dafs die Schneide durch einen, nach einem Kegelschnitte gekrümmten Cylinder abgestumpft ist, dessen eine Axe mit der Axe der ξ zusammenfällt und dessen Oberfläche von den abgeschliffenen Ebenen des Prismas berührt wird. Den Winkel dieser Ebenen bezeichne ich durch $2i$, die Sehne des Cylinders da wo die Ebenen ihn berühren, oder die Breite der Abstumpfung, durch b. Wenn a und p die halbe, in der Richtung der ξ liegende Axe und den halben Parameter des Kegelschnitts bedeuten, so hat man daher:

$$0 = V = 2p\xi' \pm \frac{p}{a}\xi'\xi' + \eta'\eta'$$

wo das obere Zeichen für eine Ellipse, das untere für eine Hyperbel gilt; ferner durch Differentiation (2)

$$0 = p\left(1 \pm \frac{\xi'}{a}\right)\text{Sin}\, u - \eta' \,\text{Cos}\, u$$

und aus beiden Gleichungen zusammengenommen, wenn ε für $1 \mp \frac{p}{a}$ geschrieben wird,

$$\xi' = \mp a\left\{1 - \frac{\text{Cos}\, u}{\sqrt{(1 - \varepsilon\,\text{Sin}\, u^2)}}\right\}$$

$$\eta' = \pm a \cdot \frac{(1-\varepsilon)\,\text{Sin}\, u}{\sqrt{(1 - \varepsilon\,\text{Sin}\, u^2)}}$$

Setzt man $90° - i$ für u, so verwandelt sich η' in $\frac{1}{2}b$, wodurch man

$$a = \pm \frac{b\sqrt{(1 - \varepsilon\,\text{Cos}\, i^2)}}{2(1-\varepsilon)\,\text{Cos}\, i}$$

also auch

$$\left.\begin{aligned} \xi' &= \frac{b\sqrt{(1 - \varepsilon\,\text{Cos}\, i^2)}}{2(1-\varepsilon)\,\text{Cos}\, i}\left\{\frac{\text{Cos}\, u}{\sqrt{(1 - \varepsilon\,\text{Sin}\, u^2)}} - 1\right\} \\ fu &= \frac{b\sqrt{(1 - \varepsilon\,\text{Cos}\, i^2)}}{2s.(1-\varepsilon)\,\text{Cos}\, i}\left\{\text{Cos}\, u - \sqrt{(1 - \varepsilon\,\text{Sin}\, u^2)}\right\} \end{aligned}\right\} \ldots\ldots(4)$$

erhält.

Wenn die Begrenzungscurve eine Ellipse ist, deren kleine Axe mit der der ξ zusammenfällt, so ist ε zwischen $-\infty$ und 0; für $\varepsilon = 0$ ist die Curve ein Kreis; zwischen 0 und ε eine Ellipse mit der grofsen Axe in der Richtung der ξ; für 1 eine Parabel; zwischen 1 und $\text{Sec.}\, i^2$ eine Hyperbel. Die äufserste Ellipse ist eine gerade Linie senkrecht auf die Axe der ξ, die äufserste Hyperbel fällt mit den Ebenen des Prismas ganz zusammen und hat deren Winkel zum Scheitel, in welchem Falle b nothwendig willkürlich bleibt.

4.

Für den in Gröſsen der ersten Ordnung vollständigen Ausdruck (3) der Schwingungszeit, werde ich

$$l' = l - \frac{l}{s} \cdot b \cdot q$$

schreiben, wo q aus den beiden Theilen $q' + q''$:

$$q' = \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1 - \varepsilon) \operatorname{Cos} i} \left\{ \frac{\operatorname{Cos} u' - \sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2)}}{\operatorname{Sin} u'} \right\} \frac{dFu'}{Fu'.\, du'}$$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1 - \varepsilon) \operatorname{Cos} i\, Fu'} \cdot \frac{1}{\pi} \int \frac{\left(\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u^2)} - \operatorname{Cos} u\right) \left(1 - \frac{s}{l} \operatorname{Sin} u^2\right)}{\operatorname{Sin} u^2 \sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u^2)} \sqrt{(2 \operatorname{Cos} u - 2 \operatorname{Cos} u')}} du \begin{bmatrix} \text{von} - u' \\ \text{bis} + u' \end{bmatrix}$$

besteht. Führt man den Winkel x ein, so daſs

$$\operatorname{Sin} u = - \operatorname{Sin} u' . \operatorname{Cos} x$$

ist, so verwandelt der letzte Ausdruck sich in:

$$q'' = \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1 - \varepsilon) \operatorname{Cos} i\, Fu'} \cdot \frac{1}{\operatorname{Sin} u'^2 . \pi} \cdot$$

$$\int \left\{ \frac{1}{\sqrt{(1 - \operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2)}} - \frac{1}{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2)}} \right\} \left(1 - \frac{s}{l} \operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2\right) \sqrt{\left\{ \frac{\sqrt{(1 - \operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2)} + \operatorname{Cos} u'}{2} \right\}} \frac{dx}{\operatorname{Cos} x^2}$$

wo das Integral von $x = 0$ bis π genommen wird.

Entwickelt man nach den Potenzen von $\operatorname{Sin} u'$, welches so lange angeht, so lange $\varepsilon \operatorname{Sin} u'^2$ eine kleine Gröſse ist, so erhält man,

$$q' = \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{\operatorname{Cos} i} \left\{ - \frac{1}{8} \operatorname{Sin} u'^2 - \left(\frac{15}{256} + \frac{1}{32} \varepsilon \right) \operatorname{Sin} u'^4 - \text{u.s.w.} \ldots \right\}$$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{\operatorname{Cos} i} \left\{ \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{16} + \frac{3}{16} \varepsilon - \frac{1}{4} \frac{s}{l} \right) \operatorname{Sin} u'^2 \right.$$

$$\left. + \left(\frac{39}{2048} + \frac{33}{512} \varepsilon + \frac{15}{128} \varepsilon^2 - \frac{13}{128} \cdot \frac{s}{l} - \frac{9}{64} \frac{s}{l} \varepsilon \right) \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u.s.w.} \right\}$$

woraus hervorgeht

$$q = \frac{\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2 \operatorname{Cos} i} \left\{ 1 - \left(\frac{1}{8} - \frac{3}{8} \varepsilon + \frac{1}{2} \cdot \frac{s}{l} \right) \operatorname{Sin} u'^2 \right.$$

$$\left. - \left(\frac{81}{1024} - \frac{17}{256} \varepsilon - \frac{15}{64} \varepsilon^2 + \frac{13}{64} \frac{s}{l} + \frac{9}{32} \frac{s}{l} \cdot \varepsilon \right) \operatorname{Sin} u'^4 + \text{u.s.w.} \right\} \ldots . (5)$$

Allein dieser Ausdruck hört auf brauchbar zu sein, wenn ε sehr groſs wird. Läſst man daher $\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 \operatorname{Cos} x^2)}$ unentwickelt, und bezeichnet man es, mit Herrn Legendre, durch Δ, so erhält man, unter Vernachläſsigung der in $\operatorname{Sin} u'^2$ multiplicirten, ε nicht enthaltenden Glieder,

$$q' = 0$$

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i.\pi} \int \left\{ \left(-\frac{1}{\operatorname{Sin} u'^2} + \frac{1}{8}\right)\left(\frac{dx}{\Delta \operatorname{Cos} x^2} - \frac{dx}{\operatorname{Cos} x^2}\right) + \left(\frac{s}{l} + \frac{1}{8}\right)\frac{dx}{\Delta} - \left(\frac{s}{l} - \frac{3}{8}\right) dx \right\}$$

und wenn man von 0 bis π integrirt,

$$q'' = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i} \left\{ \left(-\frac{1}{\operatorname{Sin} u'^2} + \frac{1}{8}\right)\frac{1}{\pi}\int \frac{dx}{\Delta \operatorname{Cos} x^2} + \left(\frac{s}{l} + \frac{1}{8}\right)\int \frac{dx}{\Delta} - \frac{s}{l} + \frac{3}{8} \right\}$$

Dieses Integral kann bekanntlich von dem Nenner $\operatorname{Cos} x^2$ befreit werden, wenn man $\Delta \operatorname{tang} x$ differentiirt; man erhält dadurch

$$d.(\Delta \operatorname{tang} x) = \frac{dx}{\Delta \operatorname{Cos} x^2} - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 . \frac{\operatorname{Cos} x^2 dx}{\Delta}$$

also, da $\Delta \operatorname{tang} x$ für $x = 0$ und $x = \pi$ verschwindet,

$$\int \frac{dx}{\Delta \operatorname{Cos} x^2} = \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 \int \frac{\operatorname{Cos} x^2 . dx}{\Delta}$$

Hierdurch verwandelt sich der Ausdruck von q in

$$\frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon)\operatorname{Cos} i} \left\{ \int \frac{(\frac{1}{8} - \varepsilon \operatorname{Cos} x^2)\, dx}{\pi \Delta} + \frac{3}{8} + \frac{s}{l}\int \frac{dx}{\pi\Delta} - \frac{s}{l} \right\} . \quad (6)$$

5.

Die Form welche Gaufs der Berechnung der hier vorkommenden elliptischen Transcendenten gegeben hat, ist bekanntlich,

$$\int \frac{dx}{\pi \sqrt{(mm \operatorname{Cos} x^2 + nn \operatorname{Sin} x^2)}} = \frac{1}{\mu}$$

$$\int \frac{dx\,(\operatorname{Cos} x^2 - \operatorname{Sin} x^2)}{\pi \sqrt{(mm \operatorname{Cos} x^2 + nn \operatorname{Sin} x^2)}} = -\frac{\nu}{\mu},$$

wobei μ die Grenze ist, welcher die Quantitäten

$$m' = \tfrac{1}{2}(m + n)$$
$$n' = \sqrt{(mn)}$$
$$m'' = \tfrac{1}{2}(m' + n')$$
$$n'' = \sqrt{(m'n')}$$
u. s. w.

sich näheren, und

$$\nu = \frac{2\lambda'\lambda' + 4\lambda''\lambda'' + 8\lambda'''\lambda''' + \text{u. s. w.}}{\lambda\lambda}$$

wo $16\lambda\lambda = mm - nn$; $m'\lambda' = \lambda\lambda$; $m''\lambda'' = \lambda'\lambda'$, u. s. w. Wendet man dieses hier an, so hat man $m = \sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2)}$, $n = 1$, und man erhält

$$q = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{2 \operatorname{Cos} i} \left\{ \frac{1-\nu}{\mu} + \frac{\frac{3}{4}\left(1 - \frac{1}{\mu}\right) + \frac{\nu}{\mu}}{1-\varepsilon} - \frac{2s}{l} \cdot \frac{1 - \frac{1}{\mu}}{1-\varepsilon} \right\} \ldots (7)$$

Für den Fall dafs $\varepsilon = -\infty$, oder dafs die Schneide durch eine auf die Axe der ξ senkrechte Ebene abgestumpft ist, ist diese Formel nicht unmittelbar anwendbar. Man formt aber den Ausdruck (6) leicht in folgenden um ($\sqrt{(1 - \varepsilon \operatorname{Sin} u'^2)} = \Delta'$; $\varepsilon \operatorname{Sin} u'^2 = \Delta'\Delta'.\varepsilon'$)

$$q = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Cos} i^2)}}{(1-\varepsilon) \operatorname{Cos} i} \left\{ \frac{\left(-\frac{1}{\operatorname{Sin} u'^2} + \frac{1}{8} + \frac{s}{l}\right)}{\Delta'} \int \frac{dx}{\pi \sqrt{(1+\varepsilon' \operatorname{Sin} x^2)}} + \frac{\Delta'}{\operatorname{Sin} u'^2} \int \frac{dx \sqrt{(1+\varepsilon' \operatorname{Sin} x^2)}}{\pi} + \frac{3}{8} - \frac{s}{l} \right\}$$

unter welcher Form, aus der von Herrn Legendre (*Exercices du Calc. Int.* I. *P.* 68) gegebenen Reihenentwickelung der beiden Integrale, unmittelbar sichtbar wird, dafs für $\varepsilon = -\infty$ nur das zweite Glied in der Rechnung bleibt, und sich in

$$\frac{\sqrt{(1-\varepsilon \operatorname{Sin} u'^2)}}{\operatorname{Sin} u'^2} \cdot \frac{2}{\pi}$$

verwandelt. Man hat also für diesen Fall

$$q = \frac{2}{\pi \operatorname{Sin} u'} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

und dieses ist das Maximum des Einflusses, welchen die Abstumpfung der Schneide erlangen kann.

Beilage X.

Einflufs der Unterlage auf die Bewegung eines um eine Schneide schwingenden festen Körpers.

1.

Wenn das mit der Schneide auf horizontalen Unterlagen liegende Pendel in Ruhe ist, so ist ein Punkt in der durch die Schneide gelegten lothrechten Ebene, von welchem ich annehme, dafs er, auch während der Bewegung, in dieser Ebene bleibt; seine Entfernung von der Schneide bezeichne

ich durch h. Die Schneide aber bewegt sich auf ihren Unterlagen und ist $h \operatorname{Sin} u$ von ihrem ursprünglichen Orte entfernt, wenn das Pendel den Winkel u mit der Lothlinie macht; dabei erfährt sie die Entgegenwirkung einer Kraft, welche ich durch mQ bezeichne, wo m die Masse des Pendels ist.

Unter Anwendung der Bezeichnungen im 1sten Art. der IX. Beilage ist die Differentialgleichung der Bewegung:

$$c = \int dm \cdot \frac{dx^2 + dy^2}{dt^2} - 2\pi^2 \lambda \int x\, dm + 2\pi^2 \lambda m h \int Q \operatorname{Cos} u du$$

Wenn man x und y durch die im Pendel festen Coordinaten ξ und η ausdrückt, nämlich

$$x = \xi \operatorname{Cos} u + \eta \operatorname{Sin} u$$
$$y = \xi \operatorname{Sin} u - \eta \operatorname{Cos} u + h \operatorname{Sin} u$$

und die Integrationen in Beziehung auf die Masse ausführt, so erhält man hieraus

$$c = \left(\frac{du}{dt}\right)^2 \left\{\mu + (s+h)^2 - (2sh + hh) \operatorname{Sin} u^2\right\} - 2\pi^2 \lambda \left\{s \operatorname{Cos} u - h \int Q \operatorname{Cos} u du\right\} \quad (1)$$

2.

Die Zeit einer ganzen Schwingung des Pendels findet sich hieraus nach der 3ten Formel der I. Beilage, nachdem für Q sein Ausdruck gesetzt ist. Diesen werde ich

$$= a^{(0)} + a^{(1)} h \operatorname{Sin} u + a^{(2)} h^2 \operatorname{Sin} u^2 + a^{(3)} h^3 \operatorname{Sin} u^3 + \text{u. s. w.}$$

annehmen, woraus die am angeführten Orte durch fu bezeichnete Gröfse

$$fu = -\frac{h}{s} \left\{a^{(0)} \operatorname{Sin} u + \frac{1}{2} a^{(1)} h \operatorname{Sin} u^2 + \frac{1}{3} a^{(2)} h^2 \operatorname{Sin} u^3 + \text{u. s. w.} \ldots\right\}$$

folgt; man hat ferner, wenn man h^2, wo es nicht in einen der Coefficienten a multiplicirt ist, vernachläfsigt,

$$f'u = \frac{sh}{\mu + ss} \operatorname{Cos} u^2\,;$$

endlich ist

$$nn = \frac{\pi^2 \lambda s}{\mu + ss}\,.$$

Hieraus folgt $f0 = 0$, und die angeführte Formel verwandelt sich in

$$\frac{\pi}{n} \left\{Fu'' - \frac{dFu''}{du''} \cdot \frac{fu' + f(-u')}{2 \operatorname{Sin} u'}\right\} + \frac{1}{n} \int \frac{f'u \,.\, du + d\, \frac{fu}{\operatorname{Sin} u}}{\sqrt{(2 \operatorname{Cos} u - 2 \operatorname{Cos} u')}}\,.$$

Die Länge des gleichzeitig schwingenden einfachen Pendels $= l'$ gesetzt, erhält man diese Schwinguugszeit

$$= \sqrt{\frac{l'}{\lambda}} \cdot Fu'',$$

also wenn man beide Ausdrücke derselben gleich setzt und sl für $\mu + ss$ schreibt, wo l die, dem ohne Störung durch die Unterlage schwingenden Pendel, entsprechende einfache Pendellänge bezeichnet,

$$l' = l - \frac{l d F u''}{F u''. d u''} \cdot \frac{f u' + f(-u')}{\text{Sin}\, u'} + \frac{2l}{F u''} \cdot \int \frac{f' u . du + d \frac{fu}{\text{Sin}\, u}}{\pi \sqrt{(2 \,\text{Cos}\, u - 2 \,\text{Cos}\, u')}}.$$

Vernachläſsigt man in diesem Ausdrucke die Glieder der Störung welche in das Quadrat und die höheren Potenzen des Schwingungswinkels multiplicirt sind, so verschwindet sein zweites Glied aus der Rechnung, und das dritte wird, nach der Substitution der Ausdrücke von fu und $f'u$;

$$2h \int \frac{\text{Cos}\, u^2 . du}{\pi \sqrt{(2 \,\text{Cos}\, u - 2 \,\text{Cos}\, u')}} - \frac{2lh}{s} \int \frac{(\frac{1}{2} a^{(1)} h + \frac{2}{3} a^{(2)} h^2 \,\text{Sin}\, u + \frac{3}{4} a^{(3)} h^3 \,\text{Sin}\, u^2 + \text{etc.}) \,\text{Cos}\, u du}{\pi \sqrt{(2 \,\text{Cos}\, u - 2 \,\text{Cos}\, u')}},$$

wovon das bis zu der angegebenen Grenze richtige Integral

$$= 2h - 2h \frac{l}{s} \left\{ \frac{1}{2} a^{(1)} h + \frac{1.3}{2.4} a^{(3)} h^3 \,\text{Sin}\, u'^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6} a^{(5)} h^5 \,\text{Sin}\, u'^4 + \text{u.s.w.} \right\}$$

ist. Man erhält also

$$l' = l + 2h - 2h \frac{l}{s} \left\{ \frac{1}{2} a^{(1)} h + \frac{1.3}{2.4} a^{(3)} h^3 \,\text{Sin}\, u'^2 + \frac{1.3.5}{2.4.6} a^{(5)} h^5 \,\text{Sin}\, u'^4 + \text{u.s.w.} \right\} \cdots (2)$$

3.

Die Abnahme des Schwingungswinkels während einer Schwingung, ist, nach der 2ten Formel der I. Beilage

$$= \frac{f(-u') - fu'}{\text{Sin}\, u'},$$

also wenn man den Ausdruck von $f(-u')$ und fu' setzt,

$$= \frac{2h}{s} \left\{ a^{(0)} + \frac{1}{3} a^{(2)} h^2 \,\text{Sin}\, u'^2 + \frac{1}{5} a^{(4)} h^4 \,\text{Sin}\, u'^4 + \text{u. s. w.} \ldots \right\} \cdots\cdots (3)$$

I.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Messing und dem Abwickelungs-Cylinder.

I.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Messing und dem Abwickelungs-Cylinder.

1ste Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte $= 14{,}55\ L.$

Vergleichungen der beiden Uhren

		R	P
		h ′ ″	h ′ ″
1	März 31	9 49 0	9 48 28
2		20 28 30	20 27 47
3		21 27 0	21 26 16
4		22 26 0	22 25 15
5	Apr. 1	4 10 0	4 9 9
6	8	21 10 30	21 6 27
7		23 7 0	23 2 55
8		0 4 0	23 59 54
9		1 2 0	0 57 53
10	9	4 50 45	4 46 34
11		6 45 45	6 41 32
12		7 42 30	7 38 16
13		8 40 0	8 35 45
14	10	1 8 0	1 3 28
15		6 53 0	6 48 22
16		8 49 30	8 44 50
17		21 33 0	21 28 7
18		22 31 30	22 26 36
19		1 29 0	1 24 3
20	11	6 20 0	6 14 58
21	12	21 25 0	21 19 18
22		22 23 30	22 17 47
23		0 19 30	0 13 45
24		1 17 30	1 11 44
25	13	3 12 30	3 6 42
26		4 9 30	4 3 41

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	′ ″
1 bis 4	März 31	15 46	58 13,1
2 - 5		0 36	57 36,6
6 - 9	Apr. 8	23 3	57 50,5
8 - 10	9	2 36	57 18,2
10 - 13		6 41	57 17,1
14 - 16	10	4 44	57 38,6
17 - 19		23 37	59 2,3
19 - 20	11	3 55	58 12,0
21 - 24	12	23 21	58 6,0
23 - 26	13	2 15	57 30,0

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung
	h ′	″
März 30	5 22	+ 2,013
31	0 23	+ 3,094
Apr. 8	7 29	+ 6,503
9	6 24	+ 6,962
10	9 59	+ 7,770

Aus Sonnenbeobb.

		Tägliche Veränderung
	h ′	″
März 31	2 53	+ 0,603
Apr. 4	15 56	+ 0,467
8	18 57	+ 0,482
9	20 12	+ 0,703
10	13 16	+ 0,748
11	13 19	+ 0,768

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
I. *a.*	März 31	21 46	57 48,4	+ 0,579	0,9975639
I. *b.*	Apr. 8	22 48	57 52,8	+ 0,516	0,9975628
I. *c.*	9	6 22	57 17,2	+ 0,582	0,9975665
I. *d.*	10	4 23	57 38,2	+ 0,725	0,9975664
I. *e.*	10	23 52	58 59,4	+ 0,757	0,9975601
I. *f.*	12	23 59	57 58,2	+ 0,777	0,9975653

Versuch I. *a*. 1826 März 31. $21^h 46'$ Stz. Barometer 336,81 *L*. + 3°,1 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	20 44 44	509	20 59 22	1007	21 13 41	1516	21 28 19	2025	21 42 57
40	45 53	549	21 0 31	1018	14 0	1527	28 38	2054	43 47
80	47 2	578	1 21	1087	15 59	1596	30 37	2065	44 6
160	49 20	589	1 40	1098	16 18	1607	30 56	2105	45 15
189	50 10	618	2 30	1116	16 49	1636	31 46	2134	46 5
229	51 19	658	3 39	1127	17 8	1676	32 55	2145	46 24
		669	3 53	1167	18 17	1687	33 14	2214	48 23
		738	5 57	1178	18 36	1716	34 4	2225	48 42
$116\frac{1}{3}$	$20\ 48\ 4\frac{2}{3}$	613,5	$21\ 2\ 22\frac{1}{4}$	$1099\frac{3}{4}$	21 16 21	$1620\frac{1}{8}$	$21\ 31\ 18\frac{5}{8}$	$2120\frac{7}{8}$	$21\ 45\ 42\frac{3}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2534	21 57 35	3003	22 11 4	3530	22 26 13	4010	22 40 1
2545	57 54	3032	11 54	3541	26 32	4021	40 20
2563	58 25	3043	12 13	3581	27 41	4050	41 10
2574	58 44	3072	13 3	3592	28 0	4090	42 19
2614	59 53	3083	13 22	3610	28 31	4101	42 38
2625	22 0 12	3152	15 21	3621	28 50	4130	43 28
2643	0 43	3163	15 40	3661	29 52	4148	43 59
2654	1 2	3192	16 30	3672	30 18	4159	44 18
2683	1 52	3232	17 39	3690	30 49	4170	44 37
2723	3 1	3243	17 58	3701	31 8	4181	44 56
2615,8	21 59 56,1	3121,5	22 14 28,4	3619,9	22 28 48,1	4106,0	22 42 46,6

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	*t*′	*t*‴	Rechnung 1″,72492858	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
120	20 48 10,9915	38,3	3,48	3,40	20 48 10,9874	—0,0041
620	21 2 33,4621	33,8			21 2 33,4621	0,0000
1120	16 55,9300	29,8	3,50	3,42	16 55,9345	+0,0045
1620	31 18,4094	26,4			31 18,4051	—0,0043
2120	45 40,8657	23,6	3,51	3,45	45 40,8744	+0,0087
2620	22 0 3,3449	20,9			22 0 3,3427	—0,0022
3120	14 25,8126	18,8	3,51	3,48	14 25,8102	—0,0024
3620	28 48,2725	16,9			28 48,2771	+0,0046
4120	43 10,7481	15,4	3,53	3,53	43 10,7437	—0,0044

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e*′	*e*″	*e*‴	*l*′	*l*″
		°	°	°	°	°
Anfang	13,883	3,44	3,29	3,50	3,48	3,40
Ende...	13,887	3,53	3,39	3,59	3,54	3,54
Mittel..	13,885	3,485	3,34	3,545	3,51	3,47

Gemessene Länge	*F*—	$1^L,2524$
Temperatur von *F* = 3°,39	+	0,0184
Toise. Temperatur = 3,46		863,8732
Elasticität des Fadens . . .	+	0,0042
Länge des Pendels . .	= *F* +	862,6434

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72492858 Uhrz. = 1″,7207265 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,1942 + 2,9609\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum . — 0,2040 — 0,0005 ε — 0,2040 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2377

——— auf *F* . — 862,6434

Resultat des Versuchs *F* = 442,5845 + 2,9604 ε — 0,2040 *k*

Versuch I. *b.* 1826 April 8. $22^h\,48'$ Stz. Barometer 336,80 *L.* + 5°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	21 43 42	469	21 57 11	989	22 12 8	1458	22 25 37	1967	22 40 15
40	44 51	480	57 30	1029	13 17	1498	26 46	1978	40 34
51	45 10	520	58 39	1069	14 26	1538	27 55	2007	41 24
80	46 0	549	59 29	1109	15 35	1549	28 14	2047	42 33
120	47 9	560	59 48	1138	16 25	1578	29 4	2087	43 42
160	48 18	589	22 0 38	1178	17 34	1618	30 13	2127	44 51
		629	1 47			1658	31 22	2167	46 0
		669	2 56			1698	32 31	2207	47 9
$75\frac{1}{6}$	21 45 $51\frac{2}{3}$	$558\frac{1}{8}$	21 59 $44\frac{3}{4}$	$1085\frac{1}{3}$	22 14 $54\frac{1}{6}$	$1574\frac{3}{8}$	22 28 $57\frac{3}{4}$	$2073\frac{3}{8}$	22 43 18,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2476	22 54 53	2956	23 8 41	3494	23 24 9	3963	23 37 38
2516	56 2	2985	9 31	3505	24 28	4003	38 47
2527	56 21	2996	9 50	3534	25 18	4014	39 6
2556	57 11	3145	10 7	3545	25 37	4043	39 56
2596	58 20	3156	14 26	3574	26 27	4054	40 15
2636	59 29	3185	15 16	3585	26 46	4083	41 5
2676	23 0 38	3225	16 25	3614	27 36	4094	41 24
2716	1 47	3265	17 34	3625	27 55	4123	42 14
				3654	28 45	4163	43 23
				3665	29 4	4174	43 42
$2587\frac{3}{8}$	22 58 $5\frac{1}{8}$	$3114\frac{1}{8}$	23 13 $13\frac{3}{1}$	$3579\frac{1}{2}$	23 26 $36\frac{1}{2}$	4071,4	23 40 45,0

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l″	Rechnung 1″,72494814	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
80	21 46 0,0040	39,0	4,73	5,00	21 46 0,0023	−0,0017
580	22 0 22,4835	34,2			22 0 22,4867	+0,0032
1080	14 44,9669	30,1	4,78	5,00	14 44,9687	+0,0018
1580	29 7,4529	26,8			29 7,4489	−0,0040
2080	43 29,9279	23,8	4,85	5,01	43 29,9279	0,0000
2580	57 52,4034	21,3			57 52,4060	+0,0026
3080	23 12 14,8857	19,2	5,00	5,05	23 12 14,8835	−0,0022
3580	26 37,3625	17,2			26 37,3606	−0,0019
4080	40 59,8347	15,5	5,04	5,13	40 59,8373	+0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l″
		°	°	°	°	°
Anfang	13,842	4,87	4,78	5,06	4,70	5,00
Ende…	13,834	4,93	4,83	5,06	5,04	5,17
Mittel..	13,838	4,90	4,805	5,06	4,87	5,085

Gemessene Länge …..	*F*—	1,2482 *L*
Temperatur von *F* = 4°,84	+	0, 0262
Toise. Temperatur = 4,96		863, 8880
Elasticität des Fadens …	+	0, 0042
Länge des Pendels ..	= *F* +	862, 6702

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72494814 Uhrz. ………… = 1″,7207441 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ………… 1305,2209 *L* + 2,9609 ε
Reduction auf den leeren Raum ………………………… — 0,2029 — 0,0005 ε — 0,2028 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel …………… + 0,2377
——— auf *F*. ……………………………… — 862,6702

Resultat des Versuchs ………. *F* = 442,5855 + 2,9604 ε — 0,2028 *k*

Versuch I. *c*. 1826 April 9. $6^h\ 22'$ Stz. Barometer 337,52 *L*. + 7°,6 *C*.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1″,00306920	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	5 22 23,5	14,65	5,71	5,86	5 22 23,5011	+ 0,0011
648	33 13,5	13,7			33 13,4998	— 0,0002
1296	44 3,5	12,8	5,71	5,93	44 3,4974	— 0,0026
1946	54 55,5	11,9			54 55,4999	— 0,0001
2596	6 5 47,5	11,0	5,74	5,99	6 5 47,5015	+ 0,0015
3246	16 39,5	10,3			16 39,5023	+ 0,0023
3895	27 30,5	9,6	5,79	6,04	27 30,4996	— 0,0006
4545	38 22,5	8,9			38 22,4991	— 0,0009
5195	49 14,5	8,3	5,82	6,06	49 14,4982	— 0,0018
5846	7 0 7,5	7,8			7 0 7,4999	— 0,0001
6497	11 0,5	7,3	5,81	6,06	11 0,5012	+ 0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
		°	°	°	°	°
Anfang.	13,829	5,59	5,47	5,69	5,60	5,80
Ende ...	13,801	5,80	5,72	6,26	5,80	6,06
Mittel..	13,815	5,695	5,595	5,975	5,70	5,93

Gemessene Länge	*F* — 1,2461
Temperatur von *F* = 5°,63	+ 0,0305
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 1,2142

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00306920 Uhrz. = 1″,0006282 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels $441^L,3640$ + 1,0013 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0685 — 0,0002 ε — 0,0685 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0410
——— auf *F* + 1,2142
Resultat des Versuchs *F* = 442,4687 + 1,0011 ε — 0,0685 *k*

Versuch I. *d.* 1826 April 10. $4^h\,23'$ Stz. Barometer 335,97 *L.* + 9°,1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	*l'*	*l''*	Rechnung 1'',00306809	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	3 24 18,5	13,5	6,14	6,37	3 24 18,5048	+ 0,0048
648	35 8,5	12,7			35 8,5008	+ 0,0008
1297	45 59,5	11,9	6,19	6,43	45 59,4990	— 0,0010
1947	56 51,5	11,0			56 51,4994	— 0,0006
2596	4 7 42,5	10,3	6,25	6,54	4 7 42,4951	— 0,0049
3247	18 35,5	9,7			18 35,4975	— 0,0025
3898	29 28,5	9,0	6,31	6,63	29 28,4993	— 0,0007
4549	40 21,5	8,4			40 21,5007	+ 0,0007
5199	51 13,5	7,9	6,31	6,68	51 13,4985	— 0,0015
5851	5 2 7,5	7,4			5 2 7,5022	+ 0,0022
6502	13 0,5	7,0	6,34	6,74	13 0,5026	+ 0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*e'*	*e''*	*e'''*	*l'*	*l''*
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	13,756	5,92	6,02	6,53	6,11	6,40
Ende ...	13,753	6,21	6,26	6,97	6,39	6,74
Mittel..	13,7545	6,065	6,14	6,75	6,25	6,57

Gemessene Länge	*F* — 1,2407
Temperatur von *F* = 6°,11	+ 0,0331
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 1,2062

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00306809 Uhrz. = 1'',0006270 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels............. 441,^{L}3630 + 1,0013 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0, 0681 — 0,0002 ε — 0,0680 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0, 0410
——— auf *F* + 1, 2062
Resultat des Versuchs *F* = 442, 4601 + 1,0011 ε — 0,0680 *k*

Versuch I. *e*. 1826 Apr. 10. $23^h\ 52'$ Stz. Barometer 336,40 *L*. + 7°,5 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	22 46 28	560	23 2 34	1040	23 16 22	1520	23 30 10	2029	23 44 48
80	48 46	571	2 53	1080	17 31	1531	30 29	2040	45 7
91	49 5	600	3 43	1120	18 40	1549	31 0	2080	46 16
120	49 55	611	4 2	1131	18 59	1560	31 19	2109	47 6
160	51 4	640	4 52	1160	19 49	1600	32 28	2120	47 25
240	53 22	651	5 11	1200	20 58	1629	33 18	2189	49 24
		720	7 10			1640	33 37	2200	49 43
		731	7 29			1680	34 46	2240	50 52
115 1/6	22 49 46 2/3	635 1/2	23 4 44 1/4	1121 5/6	23 18 43 1/6	1588 5/8	23 32 8 3/8	2125 7/8	23 47 35 1/8

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2520	23 58 55	3029	0 13 33	3549	0 28 30	4007	0 41 40
2589	0 0 54	3040	13 52	3560	28 49	4018	41 59
2600	1 13	3069	14 42	3589	29 39	4029	42 18
2669	3 12	3080	15 1	3629	30 48	4058	43 8
2680	3 31	3109	15 51	3658	31 38	4069	43 27
2749	5 30	3149	17 0	3669	31 57	4087	43 58
		3160	17 19	3709	33 6	4098	44 17
		3189	18 9	3738	33 56	4109	44 36
		3229	19 18	3749	34 15	4138	45 26
		3240	19 37	3778	35 5	4167	46 16
2634 1/2	0 2 12,5	3129,4	0 16 26,2	3662,8	0 31 46,3	4078	0 43 42,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72497638	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
120	22 49 55,0041	39,5	6,66	6,96	22 49 55,0091	+0,0050
620	23 4 17,5128	34,6			23 4 17,5080	−0,0048
1120	18 40,0042	30,5	6,71	7,02	18 40,0045	+0,0003
1620	33 2,4962	26,8			33 2,4992	+0,0030
2120	47 24,9907	23,9	6,74	7,08	47 24,9925	+0,0018
2620	0 1 47,4878	21,6			0 1 47,4850	−0,0028
3120	16 9,9852	19,3	6,75	7,17	16 9,9768	−0,0084
3620	30 32,4700	17,3			30 32,4680	−0,0020
4120	44 54,9500	15,7	6,78	7,26	44 54,9589	+0,0089

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,572	6,55	6,49	6,97	6,65	6,94
Ende...	13,574	6,69	6,64	7,11	6,79	7,28
Mittel .	13,573	6,62	6,565	7,04	6,72	7,11

Gemessene Länge...... *F* —	1,2243
Temperatur von *F* = 6°,58 +	0,0356
Toise. Temperatur = 6°,85	863,9066
Elasticität des Fadens ... +	0,0042
Länge des Pendels ... = *F* +	862,7221

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72497638 Uhrz. = 1″,7207676 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}2566 + 2,9610 ε

Reduction auf den leeren Raum — 0, 2012 — 0,0005 ε — 0,2012 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2378

——— auf *F* — 862, 7221

Resultat des Versuchs *F* = 442, 5711 + 2,9605 ε — 0,2012 *k*

Versuch I. *f.* 1826 Apr. 12. $23^h\ 59'$ Stz. Barometer 332,19 *L.* + 9°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	22 52 26	520	23 7 23	1011	23 21 30	1491	23 35 18	1971	23 49 6
40	53 35	531	7 42	1051	22 39	1531	36 27	2011	50 15
51	53 54	571	8 51	1080	23 29	1542	36 46	2051	51 24
91	55 3	600	9 41	1091	23 48	1571	37 36	2091	52 33
120	55 53	611	10 0	1160	25 47	1611	38 45	2102	52 52
131	56 12	640	10 50	1171	26 6	1651	39 54	2131	53 42
		651	11 9	1200	26 56	1662	40 13	2171	54 51
		680	11 59	1211	27 15	1702	41 22	2182	55 10
		691	12 18						
$72\frac{1}{6}$	22 54 30,5	$610\frac{5}{9}$	23 9 $59\frac{2}{9}$	$1121\frac{7}{8}$	23 24 $41\frac{1}{4}$	$1595\frac{1}{8}$	23 38 $17\frac{5}{8}$	$2088\frac{3}{4}$	23 52 $19\frac{1}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2491	0 4 3	3000	0 18 41	3491	0 32 48	4011	0 47 45
2531	5 12	3011	19 0	3502	33 7	4022	48 4
2542	5 31	3022	19 19	3531	33 57	4080	49 44
2571	6 21	3051	20 9	3542	34 16	4091	50 3
2611	7 30	3062	20 28	3571	35 6	4102	50 22
2622	7 49	3091	21 18	3582	35 25	4171	52 21
2651	8 39	3102	21 37	3611	36 15	4182	52 40
2662	8 58	3131	22 27	3622	36 34	4251	54 39
2691	9 48	3171	23 36	3651	37 24		
2731	10 57	3182	23 55	3662	37 43		
2610,3	0 7 28,8	3082,3	0 21 3	3576,5	0 35 15,5	$4113\frac{3}{4}$	0 50 $42\frac{1}{4}$

	Reducirte Mittel der Beobb.	Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72499552	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	22 35 18,5125	39,9	7,75	8,57	22 55 18,5089	−0,0036
600	23 9 41,0140	34,6			23 9 41,0174	+0,0034
1100	24 3,5156	30,4	7,82	8,54	24 3,5233	+0,0077
1600	38 26,0344	27,1			38 26,0275	−0,0069
2100	52 48,5313	24,1	7,92	8,56	52 48,5303	−0,0010
2600	0 7 11,0325	21,5			0 7 11,0323	−0,0002
3100	21 33,5325	19,3	7,95	8,62	21 33,5334	+0,0009
3600	35 56,0375	17,3			35 56,0341	−0,0034
4100	50 18,5313	15,5	7,99	8,72	50 18,5345	+0,0032

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb. n	e'	e''	e'''	l'	l''
		°	°	°	°	°
Anfang	13,535	7,76	7,79	8,40	7,73	8,58
Ende...	13,523	7,96	8,19	8,50	8,00	8,75
Mittel .	13,529	7,86	7,99	8,45	7,865	8,665

Gemessene Länge	*F*—1,2201
Temperatur von *F*=7°,94 ..	+0,0430
Toise, Temperatur=8,26 ..	863,9205
Elasticität des Fadens.....	+0,0042
Länge des Pendels...	=*F*+862,7476

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72499552 Uhrz............ = 1″,7207957 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,2992 + 2,9611\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum — 0, 2008 — $0,0005\,\varepsilon$ — $0,2007\,k$

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2378

——— auf *F*.......................... — 862, 7476

Resultat des Versuchs.......... *F* = 442, 5886 + $2,9606\,\varepsilon$ — $0,2007\,k$

2te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,69 *L.*

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	Apr.	18	22 9 0	22 0 52
2		19	2 3 0	1 54 48
3			3 58 30	3 50 16
4			4 57 0	4 48 45
5			7 51 30	7 43 12
6			21 31 0	21 22 28
7			22 30 0	22 21 27
8			23 28 30	23 19 56
9			0 27 0	0 18 25
10		20	4 18 0	4 9 21
11			6 14 0	6 5 19
12			7 12 30	7 3 48
13			21 35 0	21 26 3
14			22 32 30	22 23 32
15			23 29 30	23 20 31
16			0 26 30	0 17 30
17			1 23 0	1 13 59
18		21	2 20 0	2 10 58
19			3 18 0	3 8 57
20			22 14 0	22 4 37
21			23 11 30	23 2 6
22			0 7 30	23 58 5
23			1 5 0	0 55 34
24		22	2 1 0	1 51 33
25			2 58 0	2 48 32
26			4 50 0	4 40 30
27			7 40 30	7 30 57

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	′ ″
1 bis 2	Apr. 18	0 6	58 30,0
2 - 5	19	5 3	58 6,4
6 - 9	19	22 59	58 39,0
9 - 12	20	3 41	57 54,0
13 - 17	20	23 29	57 0,0
15 - 19	20	1 23	57 3,0
20 - 24	21	0 7	56 45,0
24 - 27	22	4 54	56 32,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung		St. Z.	Tägliche Veränderung
	h ′	″		h ′	″
Apr. 17	10 20	+ 11,233	Apr. 18	9 43	+ 0,840
19	9 6	+ 12,870	19	21 18	+ 0,888
20	9 30	+ 13,773	20	20 30	+ 0,581
21	7 29	+ 14,306	21	17 58	+ 0,405
22	4 26	+ 14,660	22	17 55	+ 0,499
23	7 24	+ 15,221			

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
II. *a.*	Apr. 18	23 19	58 33,8	+ 0,859	0,9975634
II. *b.*	19	5 14	58 5,6	+ 0,869	0,9975658
II. *c.*	19	23 22	58 35,4	+ 0,861	0,9975633
II. *d.*	20	4 35	57 45,4	+ 0,791	0,9975666
II. *e.*	20	22 56	56 59,1	+ 0,561	0,9975678
II. *f.*	21	23 19	56 47,2	+ 0,425	0,9975673

Versuch II. *a.* 1826 Apr. 18. $23^h\,19'$ Stz. Barometer 340,10 *L.* + 4°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	22 9 34	531	22 24 50	1062	22 40 6	1484	22 52 14	2015	23 7 30
40	10 43	542	25 9	1073	40 25	1513	53 4	2044	8 20
80	11 52	571	25 59	1142	42 24	1524	53 23	2055	8 39
120	13 1	611	27 8	1153	42 43	1553	54 13	2095	9 48
160	14 10	622	27 27	1193	43 52	1564	54 32	2135	10 57
251	16 47	651	28 17			1604	55 41	2175	12 6
		662	28 36			1644	56 50	2186	12 25
		691	29 26			1684	57 59	2215	13 15
		702	29 45						
		731	30 35						
108½	22 12 41⅙	631,4	22 27 43,2	1124⅖	22 41 54	1571¼	22 54 44,5	2115	23 10 22,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2535	23 22 27	3026	23 36 34	3557	23 51 50	4048	0 5 57
2546	22 46	3037	36 53	3568	52 9	4059	6 16
2575	23 36	3055	37 24	3637	54 8	4070	6 35
2586	23 55	3088	38 21	3648	54 27	4117	7 56
2615	24 45	3106	38 52	3717	56 26	4139	8 34
2626	25 4	3117	39 11	3797	58 44	4159	8 53
2655	25 54	3157	40 20			4219	10 52
2666	26 13	3168	40 39			4230	11 11
2706	27 22	3186	41 10				
2735	28 12	3197	41 29				
2624,5	23 25 1,4	3113,7	23 39 5,3	3654	23 54 37⅓	4129	0 8 16¾

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72504248	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	
110	22 12 43,7543	39,3	4,25	4,56	22 12 43,7543	0,0000
610	27 6,2838	34,1			27 6,2858	+0,0020
1110	41 28,8142	30,0	4,27	4,59	41 28,8147	+0,0005
1610	55 51,3459	26,4			55 51,3419	−0,0040
2110	23 10 13,8747	23,5	4,38	4,62	23 10 13,8679	−0,0068
2610	24 36,3867	20,9			24 36,3930	+0,0063
3110	38 58,9173	18,5	4,43	4,71	38 58,9175	+0,0002
3610	53 21,4309	16,4			53 21,4414	+0,0105
4110	0 7 43,9739	14,6	4,51	4,82	0 7 43,9651	−0,0088

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
Anfang	12,125	4,35	4,33	4,66	4,25	4,56
Ende...	12,119	4,56	4,48	4,76	4,53	4,84
Mittel..	12,122	4,455	4,405	4,71	4,39	4,70

Gemessene Länge	*F*−1,0934
Temperatur von *F* = 4°,42 .	+0,0239
Toise, Temperatur = 4°,58 .	863,8843
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels...	= *F* + 862,8190

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72504248 Uhrz. = 1″,7208393 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}3653 + 2,9612 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,2053 — 0,0005 ε — 0,2052 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2383
——— auf *F* — 862,8190

Resultat des Versuchs *F* = 442,5793 + 2,9607 ε — 0,2052 *k*

Versuch II. *b*. 1826 Apr. 19. $5^h\,14'$ Stz. Barometer 340,34 *L*. + 5°,2 *C*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	4 4 26	531	4 19 42	1033	4 34 8	1564	4 49 24	2044	5 3 12
40	5 35	542	20 1	1062	34 58	1593	50 14	2055	3 31
80	6 44	611	22 0	1073	35 17	1604	50 33	2124	5 30
160	9 2	691	24 18	1142	37 16	1644	51 42	2135	5 49
240	11 20	702	24 37	1153	37 35	1673	52 32	2175	6 58
251	11 39	742	25 46	1193	38 44	1684	52 51	2186	7 17
				1233	39 53	1724	54 0	2204	7 48
				1273	41 2	1764	55 9	2215	8 7
$128\frac{1}{2}$	4 8 $7\frac{2}{3}$	$636\frac{1}{2}$	4 22 44	$1145\frac{1}{4}$	4 37 $21\frac{5}{8}$	$1656\frac{1}{4}$	4 52 $3\frac{1}{8}$	$2142\frac{1}{4}$	5 6 1,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2575	5 18 28	3037	5 31 45	3557	5 46 42	4059	6 1 8
2586	18 47	3077	32 54	3568	47 1	4070	1 27
2626	19 56	3106	33 44	3648	49 19	4139	3 26
2637	20 15	3117	34 3	3728	51 37	4219	5 44
2666	21 5	3157	35 12	3739	51 56	4230	6 3
2706	22 14	3168	35 31	3808	53 55		
2717	22 33	3197	36 21				
2786	24 32	3237	37 30				
$2662\frac{3}{8}$	5 20 $58\frac{3}{4}$	3137	5 34 37,5	$3674\frac{2}{3}$	5 50 5	$4143\frac{2}{5}$	6 3 33,6

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	*l′*	*l‴*	Rechnung 1″,72504470	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
140	4 8 27,5048	39,7	4,83	4,95	4 8 27,5023	−0,0025
640	22 50,0377	34,8			22 50,0358	−0,0019
1140	37 12,5685	30,5	4,95	4,95	37 12,5669	−0,0016
1640	51 35,0928	26,9			51 35,0961	+0,0033
2140	5 5 57,6186	24,0	4,98	4,96	5 5 57,6240	+0,0054
2640	20 20,1519	21,4			20 20,1508	−0,0011
3140	34 42,6752	19,3	5,00	5,00	34 42,6769	+0,0017
3640	49 5,1981	17,3			49 5,2023	+0,0042
4140	6 3 27,7348	15,5	4,94	5,00	6 3 27,7272	−0,0076

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e′*	*e″*	*e‴*	*l′*	*l‴*
	R	°	°	°	°	°
Anfg.	12,099	4,87	4,78	5,01	4,81	4,95
Ende	12,098	4,97	4,83	5,06	4,93	5,00
Mittel	12,0985	4,92	4,805	5,035	4,87	4,975

Gemessene Länge	*F*—1,0913
Temperatur von *F* = 4°,84.	+0,0262
Toise, Temperatur = 4°,94.	863,8878
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels....	= *F* + 862,8269

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72504470 Uhrz. = 1″,7208456 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,3749$ + 2,9613 ε

Reduction auf den leeren Raum — 0,2051 — 0,0005 ε — 0,2050 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2383

——— auf *F* — 862,8269

Resultat des Versuchs *F* = 442,5812 + 2,9608 ε — 0,2050 *k*

Versuch II. *c*. 1826 Apr. 19. 23^h 22′ Stz. Barometer 341,57 *L*. + 4°,7 *C*.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	*I′*	*I″*	Rechnung 1″,00322861	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	22 21 30,5	12,4	4,53	4,47	22 21 30,4998	— 0,0002
617	31 49,5	11,6			31 49,4985	— 0,0015
1236	42 10,5	10,9	4,53	4,47	42 10,5029	+ 0,0029
1853	52 29,5	10,2			52 29,5001	+ 0,0001
2470	23 2 48,5	9,6	4,59	4,50	23 2 48,4968	— 0,0032
3089	13 9,5	9,0			13 9,4995	— 0,0005
3708	23 30,5	8,5	4,59	4,50	23 30,5015	+ 0,0017
4326	33 50,5	8,0			33 50,5005	+ 0,0005
4945	44 11,5	7,5	4,62	4,56	44 11,5020	+ 0,0020
5563	54 31,5	7,1			54 31,5001	+ 0,0001
6181	0 4 51,5	6,7	4,62	4,58	0 4 51,4979	— 0,0021

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*e′*	*e″*	*e‴*	*I′*	*I″*
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,288	4,49	4,33	4,62	4,48	4,39
Ende ...	12,284	4,73	4,53	4,71	4,62	4,61
Mittel ..	12,286	4,61	4,43	4,665	4,55	4,50

Gemessene Länge	*F* — 1,1082
Temperatur von *F* = 4°,49	+ 0,0243
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 1,0825

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00322861 Uhrz.	= 1″,0007840 MZ.		
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,5016	+ 1,0016 ε	
Reduction auf den leeren Raum	— 0,0697	— 0,0002 ε	— 0,0697 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel	— 0,0404		
——— auf *F*	+ 1,0825		
Resultat des Versuchs	442,4740	+ 1,0014 ε	— 0,0697 *k*

Versuch II. *d*. 1826 Apr. 20. 4^h 35′ Stz. Barometer 341,47 *L*. + 5°,6 *C*.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	*l′*	*l″*	Rechnung 1″,00322011	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	3 34 18,5	12,3	5,18	5,03	3 34 18,5025	+ 0,0025
618	44 38,5	11,5			44 38,4992	— 0,0008
1237	54 59,5	10,8	5,18	5,03	54 59,4982	— 0,0018
1857	4 5 21,5	10,1			4 5 21,4998	— 0,0002
2476	15 42,5	9,5	5,18	5,03	15 42,4975	— 0,0025
3097	26 5,5	8,9			26 5,5010	+ 0,0010
3717	36 27,5	8,4	5,18	5,06	36 27,5010	+ 0,0010
4337	46 49,5	8,0			46 49,5007	+ 0,0007
4957	57 11,5	7,5	5,21	5,09	57 11,5001	+ 0,0001
5578	5 7 34,5	7,0			5 7 34,5023	+ 0,0023
6197	17 55,5	6,5	5,21	5,12	17 55,4979	— 0,0021

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*e′*	*e″*	*e‴*	*l′*	*l″*
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,341	5,16	4,93	5,10	5,15	5,01
Ende ...	12,339	5,26	5,03	5,30	5,21	5,12
Mittel ..	12,340	5,21	4,98	5,20	5,18	5,065

Gemessene Länge	*F* — 1,1131
Temperatur von *F* = 5°,06	+ 0,0274
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 1,0843

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00322011 Uhrz. = 1″,0007789 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels. $441{,}^L4970$ + 1,0016 ε

Reduction auf den leeren Raum — 0,0695 — 0,0002 ε — 0,0695 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0404

——— auf *F* + 1,0843

Resultat des Versuchs *F* = 442,4713 + 1,0014 ε — 0,0695 *k*

Versuch II. *e*. 1826 Apr. 20. $22^h\,56'$ Stz. Barometer 342,42 *L*. +4°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	21 45 38	531	22 0 54	1033	22 15 20	1524	22 29 27	2015	22 43 34
51	47 6	542	1 13	1044	15 39	1564	30 36	2026	43 53
80	47 56	582	2 22	1073	16 29	1604	31 45	2055	44 43
91	48 15	593	2 41	1113	17 38	1615	32 4	2066	45 2
211	51 42	622	3 31	1124	17 57	1644	32 54	2095	45 52
251	52 51	662	4 40	1153	18 47	1655	33 13	2106	46 11
		673	4 59	1164	19 6	1724	35 12	2146	47 20
		702	5 49	1193	19 56	1735	35 31	2175	48 10
				1204	20 15			2186	48 29
				1273	22 14			2226	49 38
114	21 48 $54\frac{2}{3}$	$613\frac{3}{8}$	22 3 $16\frac{1}{8}$	1137,4	22 18 20,1	$1633\frac{1}{8}$	22 32 $35\frac{1}{4}$	2109,6	22 46 17,2

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2517	22 58 0	3048	23 13 16	3510	23 26 33	4059	23 42 20
2528	68 19	3059	13 35	3579	28 32	4070	42 39
2546	58 50	3077	14 6	3590	28 51	4139	44 38
2557	59 9	3088	14 25	3659	30 50	4150	44 57
2626	23 1 8	3128	15 34	3670	31 9	4161	45 16
2637	1 27	3139	15 53	3739	33 8	4219	46 56
2677	2 36	3208	17 52	3750	33 27	4230	47 15
2688	2 55	3219	18 11			4241	47 34
2717	3 45						
2757	4 54						
2625	23 1 6,3	$3120\frac{3}{4}$	23 15 21,5	$3642\frac{3}{7}$	23 30 $21\frac{3}{7}$	$4158\frac{5}{8}$	23 45 $11\frac{7}{8}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72504862	Fehler
	h ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
120	21 49 5,0170	38,6	4,85	5,02	21 49 5,0167	−0,0003
620	22 3 27,5535	33,9			22 3 27,5514	−0,0021
1120	17 50,0841	29,9	4,95	5,06	17 50,0839	−0,0002
1620	32 12,6087	26,6			32 12,6147	+0,0060
2120	46 35,1406	23,6	4,99	5,07	46 35,1442	+0,0036
2620	23 0 57,6747	21,2			23 0 57,6729	−0,0018
3120	15 20,2062	19,0	5,01	5,13	15 20,2008	−0,0054
3620	29 42,7381	17,1			29 42,7281	−0,0100
4120	44 5,2448	15,4	5,04	5,17	44 5,2550	+0,0102

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb. *R*	e'	e''	e'''	l'	l'''
Anfg.	12,151	4°,83	4°,73	5°,06	4°,81	5°,00
Ende.	12,157	5,02	4,83	5,15	5,04	5,17
Mittel	12,154	4,925	4,78	5,105	4,925	5,085

Gemessene Länge *F*—1,0963
Temperatur von *F* = 4°,83 . +0,0261
Toise, Temperatur = 4°,97 . 863,8881
Elasticität des Fadens +0,0042
Länge des Pendels.... = *F* + 862,8221

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72504862 Uhrz = 1″,7208530 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}3861 + 2,9613 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,2063 — 0,0005 ε — 0,2062 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2383
——— auf *F*.......................... — 862,8221

Resultat des Versuchs.......... *F* = 442,5960 + 2,9608 ε — 0,2062 *k*

Versuch II. *f*. 1826 April 21. 23ʰ 19′ Stz. Barometer 343,00 *L*. + 6°,5 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	22 8 40	531	22 23 56	1022	22 38 3	1524	22 52 29	2015	22 6 36
40	9 49	542	24 15	1033	38 22	1564	53 38	2055	7 45
80	10 58	582	25 24	1073	39 31	1575	53 57	2095	8 54
131	12 26	622	26 33	1113	40 40	1604	54 47	2106	9 13
160	13 16	662	27 42	1153	41 49	1644	55 56	2146	10 22
211	14 44	702	28 51	1193	42 58	1695	57 24	2175	11 12
								2186	11 31
								2226	12 40
$103\frac{2}{3}$	22 11 $38\frac{5}{6}$	$606\frac{5}{6}$	22 26 $6\frac{5}{6}$	$1097\frac{5}{6}$	22 40 $13\frac{5}{6}$	1601	22 54 $41\frac{5}{6}$	$2125\frac{1}{2}$	23 9 $46\frac{5}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2506	23 20 43	2997	23 34 50	3528	23 50 6	4030	0 4 32
2546	21 52	3008	35 9	3539	50 25	4041	4 51
2557	22 11	3077	37 8	3579	51 34	4059	5 22
2597	23 20	3088	37 27	3608	52 24	4070	5 41
2626	24 10	3128	38 36	3619	52 43	4081	6 0
2637	24 29	3168	39 45	3659	53 52	4110	6 50
2666	25 19	3208	40 54	3699	55 1	4121	7 9
2677	25 38	3219	41 13	3739	56 10	4150	7 59
						4190	9 8
						4230	10 17
$2601\frac{1}{2}$	23 23 $27\frac{3}{4}$	$3111\frac{5}{8}$	23 38 $7\frac{3}{4}$	$3621\frac{1}{4}$	23 52 $46\frac{7}{8}$	4108,2	0 6 46,9

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	*t′*	*t‴*	Rechnung 1″,72504900	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
110	22 11 49,7587	40,3	5,67	5,82	22 11 49,7572	−0,0015
610	26 12,2960	34,9			26 12,2929	−0,0031
1110	40 34,8215	30,8	5,72	5,87	40 34,8260	+0,0045
1610	54 57,3587	27,2			54 57,3573	−0,0014
2110	23 9 19,8866	24,2	5,76	5,96	23 9 19,8873	+0,0007
2610	23 42,4130	21,8			23 42,4164	+0,0034
3110	38 4,9468	19,5	5,79	6,05	38 4,9448	−0,0020
3610	52 27,4681	17,4			52 27,4726	+0,0045
4110	0 6 50,0051	15,6	5,77	6,08	0 6 49,9999	−0,0052

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e′*	*e″*	*e‴*	*l′*	*l″*
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,234	5,64	5,47	5,79	5,63	5,77
Ende ...	12,222	5,80	5,62	6,04	5,77	6,09
Mittel..	15,228	5,72	5,545	5,915	5,70	5,93

Gemessene Länge	*F*−1,1030
Temperatur von *F* = 5°,61 .	+0,0304
Toise, Temperatur = 5,75 .	863,8958
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels...	= *F* + 862,8274

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72504900 Uhrz. = 1″,7208525 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,ᴸ3854 + 2,9613 ε
Reduction auf den leeren Raum − 0,2060 − 0,0005 ε − 0,2059 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2383
——— auf *F* − 862,8274

Resultat des Versuchs *F* = 442,5903 + 2,9608 ε − 0,2059 *k*

3te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,96 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	Apr.	23	21 32 0	21 20 47
2			22 28 30	22 18 16
3			0 21 30	0 11 14
4			1 17 0	1 6 43
5		24	3 9 30	2 59 11
6			6 48 0	6 37 37
7			7 43 0	7 32 36
8			22 29 0	22 18 20
9			23 24 0	23 13 19
10			0 20 0	0 9 18
11			1 14 30	1 3 47
12		25	3 4 0	2 53 15
13			3 58 30	3 47 44
14			4 52 0	4 41 13
15			5 46 0	5 35 12
16			6 41 0	6 30 11
17			7 35 0	7 24 10
18			21 23 30	21 12 25
19			22 21 0	22 9 54
20			1 11 0	0 59 51
21			2 7 30	1 56 20
22		26	6 47 30	6 36 15
23			7 42 30	7 31 14

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

			h ′	′ ″
1 bis 4	Apr.	23	23 25	56 18,0
4 - 7		24	4 33	55 2,0
8 - 11		24	23 52	55 15,0
11 - 17		25	4 27	54 18,3
18 - 21		25	23 46	56 45,9
20 - 23		26	4 27	55 53,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

		St. Z.	Verbesserung
		h ′	″
Apr.	23	7 24	+15,221
	24	6 18	+15,700
	25	4 51	+16,273
	26	3 39	+16,650
	27	5 4	+16,840

			Tägliche Veränderung
		h ′	″
Apr.	23	18 51	+ 0,502
	24	17 35	+ 0,610
	25	16 15	+ 0,397
	26	16 22	+ 0,179

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch			St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
			h ′	′ ″	″	″
III. *a*.	Apr.	23	23 30	56 16,8	+ 0,524	0,9975710
III. *b*.		24	4 39	55 0,5	+ 0,549	0,9975782
III. *c*.		24	23 38	55 17,9	+ 0,553	0,9975765
III. *d*.		25	5 3	54 10,9	+ 0,502	0,9975822
III. *e*.		25	23 48	56 45,5	+ 0,329	0,9975663
III. *f*.		26	5 40	55 39,4	+ 0,276	0,9975715

Versuch III. *a*. 1826 Apr. 23. $23^h\,30'$ Stz. Barometer 338,94 *L*. + 8°,4 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	22 18 48	495	22 33 2	1001	22 47 35	1536	23 2 58	2031	23 17 12
51	20 16	506	33 21	1041	48 44	1547	3 17	2042	17 31
102	21 44	546	34 30	1052	49 3	1587	4 26	2082	18 40
142	22 53	597	35 58	1092	50 12	1598	4 45	2093	18 59
153	23 12	648	37 26	1103	50 31	1718	8 12	2133	20 8
182	24 2	688	38 35	1143	51 40	1729	8 31	2213	22 26
				1194	53 8			2224	22 45
				1223	53 58			2264	23 54
105	22 21 49 1/6	580	22 35 28 2/3	1106 1/8	22 50 36 3/8	1619 1/6	23 5 21,5	2135 1/4	23 20 11 7/8

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2497	23 30 36	2992	23 44 50	3487	23 59 4	3982	0 13 18
2537	31 45	3021	45 40	3516	59 54	3993	13 37
2577	32 54	3032	45 59	3527	0 0 13	4011	14 18
2588	33 13	3072	47 8	3567	1 22	4022	14 27
2628	34 22	3083	47 27	3578	1 41	4062	15 36
2639	34 41	3123	48 36	3618	2 50	4073	15 55
2668	35 31	3134	48 55	3629	3 9	4102	16 45
2708	36 40	3203	50 54	3658	3 59	4113	17 4
				3669	4 18	4124	17 23
				3698	5 18	4153	18 13
2605 1/4	23 33 42 3/4	3082 1/2	23 47 26 1/8	3594,7	0 2 9,8	4063,5	0 15 38,6

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72524654	Fehler
	h ′ ″	μ	*l′* °	*l‴* °	h ′ ″	″
100	22 21 40,5404	39,9	7,10	7,84	22 21 40,5392	−0,0012
600	36 3,1717	35,2			36 3,1731	+0,0014
1100	50 25,8078	31,0	7,21	7,84	50 25,8047	−0,0031
1600	23 4 48,4327	27,5			23 4 48,4345	+0,0018
2100	19 11,0599	24,4	7,26	7,92	19 11,0631	+0,0032
2600	33 33,6924	21,9			33 33,6907	−0,0017
3100	47 56,3169	19,6	7,29	8,03	47 56,3176	+0,0007
3600	0 2 18,9438	17,6			0 2 18,9441	+0,0003
4100	16 41,5716	15,9	7,36	8,13	16 41,5702	−0,0014

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb. *R*	*e′* °	*e″* °	*e‴* °	*l′* °	*l‴* °
Anfg.	9,075	7,12	7,10	7,80	7,07	7,84
Ende	9,061	7,27	7,35	8,10	7,38	8,16
Mittel	9,068	7,195	7,225	7,95	7,225	8,00

Gemessene Länge	*F*—0,8179
Temperatur von *F* = 7°,21 .	+0,0390
Toise, Temperatur = 7°,65 .	863,9145
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels. . . .	= *F* + 863,1398

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72524654 Uhrz. = 1″,7210559 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}6939 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0,2024 — 0,0005 ε — 0,2024 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
——— auf *F* . — 863,1898

Resultat des Versuchs *F* = 442,5912 + 2,9615 ε — 0,2024 *k*

Versuch III. *b.* 1826 April 24. 4^h 33′ Stz. Barometer 338,16 *L.* + 10°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	3 28 28	495	3 42 42	990	3 56 56	1536	4 12 38	1991	4 25 43
11	28 47	506	43 1	1001	57 14	1616	14 56	2031	26 52
80	30 46	626	46 28	1041	58 24	1627	15 15	2060	27 42
131	32 14	637	46 47	1052	58 43	1667	16 24	2071	28 1
142	32 33	677	47 56	1121	4 0 42	1718	17 52	2111	29 10
193	34 1	688	48 15	1183	2 29	1758	19 1	2122	29 29
								2162	30 38
								2213	32 6
$92\frac{5}{6}$	3 31 $8\frac{1}{6}$	$604\frac{5}{6}$	3 45 51,5	$1064\frac{2}{3}$	3 59 $4\frac{5}{6}$	$1653\frac{2}{3}$	4 16 1	$2095\frac{1}{8}$	4 28 $42\frac{5}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2566	4 42 15	3021	4 55 20	3516	5 9 34	4011	5 23 48
2577	42 34	3032	55 39	3527	9 53	4040	24 38
2606	43 24	3050	56 10	3556	10 43	4051	24 57
2617	43 43	3061	56 29	3596	11 52	4091	26 6
2657	44 52	3101	57 38	3607	12 11	4102	26 25
2668	45 11	3112	57 57	3647	13 20	4142	27 34
		3152	59 6	3658	13 39	4153	27 53
		3163	59 25	3698	14 48	4193	29 2
		3203	5 0 34				
		3232	1 24				
$2615\frac{1}{6}$	4 43 $39\frac{5}{6}$	3112,7	4 57 58,2	$3600\frac{5}{8}$	5 12 0	$4097\frac{7}{8}$	5 26 $17\frac{7}{8}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1″,72524226	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	3 31 20,5310	39,1	7,91	8,87	3 31 20,5281	−0,0029
600	45 43,1613	34,3			45 43,1598	−0,0015
1100	4 0 5,7921	30,3	7,96	8,93	4 0 5,7890	−0,0031
1600	14 28,4116	26,9			14 23,4163	+0,0047
2100	28 51,0356	23,9	8,00	8,97	28 51,0424	+0,0068
2600	43 13,6670	21,4			43 13,6676	+0,0006
3100	57 36,2893	19,3	8,01	8,99	57 36,2929	+0,0036
3600	5 11 58,9217	17,3			5 11 58,9160	−0,0057
4100	26 21,5412	15,6	8,09	9,12	26 21,5397	−0,0015

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang	9,118	7,81	8,09	8,60	7,90	8,86
Ende...	9,100	8,15	8,33	9,00	8,11	9,14
Mittel..	9,109	7,98	8,21	8,80	8,005	9,00

Gemessene Länge	*F*—0,8216
Temperatur von *F* = 8°,13	+0,0440
Toise, Temperatur = 8,56	863,9235
Elasticität des Fadens ...	+0,0042
Länge des Pendels ..	= *F* + 863,1501

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72524226 Uhrz. = 1″,7210641 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}7064 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,2013 — 0,0005 ε — 0,2013 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
——— auf *F*. — 863,1501

Resultat des Versuchs *F* = 442,5945 + 2,9614 ε — 0,2013 *k*

Versuch III. *c.* 1826 April 24. 23h 38′ Stz. Barometer 336,60 *L.* + 9°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1″,00354200	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	22 39 37,5	11,6	7,95	8,30	22 39 37,5037	+ 0,0037
563	49 2,5	10,9			49 2,5029	+ 0,0029
1125	58 26,5	10,3	8,00	8,33	58 26,4981	— 0,0019
1688	23 7 51,5	9,7			23 7 51,4964	— 0,0036
2252	17 17,5	9,1	8,03	8,36	17 17,4978	— 0,0022
2816	26 43,5	8,6			26 43,4977	— 0,0023
3380	36 9,5	8,15	8,06	8,38	36 9,4995	— 0,0005
3944	45 35,5	7,7			45 35,4999	— 0,0001
4508	55 1,5	7,3	8,06	8,41	55 1,5000	0,0000
5072	0 4 27,5	6,9			0 4 27,5000	0,0000
5637	13 54,5	6,4	8,11	8,47	13 54,5037	+ 0,0033

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,220	8,05	8,19	8,70	7,95	8,30
Ende ...	9,216	8,16	8,28	8,90	8,14	8,50
Mittel..	9,218	8,105	8,235	8,80	8,045	8,40

Gemessene Länge F — 0,8315
Temperatur von $F = 8°,19$ + 0,0443
Elasticität des Fadens + 0,0014
Länge des Pendels $= F$ — 0,7858

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00354200 Uhrz. = 1″,0011099 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,L7890 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0678 — 0,0002 ε — 0,0678 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0394
——— auf *F* + 0,7858
Resultat des Versuchs......... F = 442,4676 + 1,0020 ε — 0,0678 *k*

Versuch III. *d*. 1826 Apr. 25. $5^h\ 3'$ Stz. Barometer 335,50 *L*. + 11°,4 *C*.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur: μ	Schwingungsweite und Temperatur: *l*′	Schwingungsweite und Temperatur: *l*″	Rechnung 1″,00353604	Fehler
	° ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	4 4 55,5	12,2	8,53	8,94	4 4 55,5024	+ 0,0024
563	14 20,5	11,5			14 20,4988	— 0,0012
1127	23 44,5	10,9	8,56	8,97	23 44,4983	— 0,0017
1691	33 12,5	10,3			33 12,4973	— 0,0027
2256	42 39,5	9,7	8,59	9,03	42 39,4993	— 0,0007
2821	52 6,5	9,1			52 6,5008	+ 0,0008
3386	5 1 33,5	8,5	8,61	9,12	5 1 33,5021	+ 0,0021
3951	11 0,5	8,1			11 0,5030	+ 0,0030
4515	20 26,5	7,7	8,67	9,14	20 26,4999	— 0,0001
5080	29 53,5	7,2			29 53,5005	+ 0,0005
5644	39 19,5	6,8	8,72	9,20	39 19,4973	— 0,0027

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*e*′	*e*″	*e*‴	*l*′	*l*″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,168	8,52	8,74	9,35	8,48	8,92
Ende …	9,158	8,72	9,02	9,55	8,77	9,20
Mittel..	9,163	8,62	8,88	9,45	8,625	9,06

Gemessene Länge …………… *F* — 0,8265

Temperatur von *F* = 8°,79 ………. + 0,0476

Elasticität des Fadens …………… + 0,0014

Länge des Pendels ………… = *F* — 0,7775

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00353604 Uhrz. ………. = 1″,0011097 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels ………… 441,^{L}7889 + 1,0022 ε

Reduction auf den leeren Raum ………………… — 0, 0673 — 0,0002 ε — 0,0673 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel ………… — 0, 0393

——— auf *F* ………………………… + 0, 7775

Resultat des Versuchs ………. *F* = 442, 4594 + 1,0020 ε — 0,0673 *k*

Versuch III. *e*. 1826 Apr. 25. 23^h 48′ Stz. Barometer 333,22 *L*. + 10°3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	22 36 31	535	22 51 54	990	23 4 59	1496	23 19 32	2002	23 34 5
40	37 40	546	52 13	1030	6 8	1525	20 22	2031	34 55
120	39 58	586	53 22	1041	6 27	1536	20 41	2071	36 4
131	40 17	615	54 12	1081	7 36	1576	21 50	2082	36 23
171	41 26	666	55 40	1092	7 55	1638	23 37	2122	37 32
182	41 45	677	55 59	1132	9 4	1667	24 27	2184	39 19
				1161	9 54	1707	25 36	2213	40 9
				1212	11 22	1758	27 4		
107 1/3	22 39 36 1/6	604 1/6	22 53 53 1/3	1092 3/8	23 7 55 5/8	1612 7/8	23 22 53 5/8	2100 5/7	23 36 55 2/7

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2566	23 50 18	2992	0 2 33	3505	0 17 18	3982	0 31 1
2577	50 37	3021	3 23	3538	18 15	4022	32 10
2617	51 46	3061	4 32	3567	19 5	4051	33 0
2628	52 5	3072	4 51	3578	19 24	4084	33 57
2668	53 14	3112	6 0	3607	20 14	4113	34 47
2697	54 4	3123	6 19	3618	20 33	4131	35 18
		3163	7 28	3658	21 42	4153	35 56
		3174	7 47	3669	22 1	4164	36 15
		3203	8 37	3687	22 32	4204	37 24
				3720	23 29		
2625 1/2	23 52 0 2/3	3102 1/3	0 5 43 1/3	3614,7	0 20 27,3	4100 4/9	0 34 25 1/3

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″, 72525274	Fehler
		μ	l′	l‴		
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	22 39 23,5148	39,2	8,91	9,72	22 39 23,5105	− 0,0043
600	53 46,1447	34,5			53 46,1476	+ 0,0029
1100	23 8 8,7801	30,5	8,95	9,75	23 8 8,7823	+ 0,0022
1600	22 31,4123	27,1			22 31,4151	+ 0,0028
2100	36 54,0534	24,2	8,98	9,84	36 54,0468	− 0,0066
2600	51 16,6726	21,8			51 16,6776	+ 0,0050
3100	0 5 39,3077	19,4	9,02	9,91	0 5 39,3076	− 0,0001
3600	20 1,9387	17,5			20 1,9371	− 0,0016
4100	34 24,5665	15,7	9,03	9,98	34 24,5662	− 0,0003

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
Anfang	9,070	8,90	9,22	9,70	8,90	9,71
Ende...	9,058	9,09	9,26	9,89	9,04	9,99
Mittel..	9,064	8,995	9,24	9,795	8,97	9,85

Gemessene Länge *F* — 0,8176
Temperatur von *F* = 9°,15 . + 0,0495
Toise, Temperatur = 9,57 . 863,9334
Elasticität des Fadens..... + 0,0042
Länge des Pendels... = *F* + 863,1695

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72525274 Uhrz. = 1″,7210540 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305^L,6910 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,1977 — 0,0005 ε — 0,1976 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel............ + 0,2395
——— auf *F* — 836,1695

Resultat des Versuchs *F* = 442,5633 + 2,9615 ε — 0,1976 *k*

Versuch III. *f.* 1826 Apr. 26. $5^h\,40'$ Stz. Barometer 332,20 *L.* + 12°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	4 27 16	546	4 42 58	1041	4 57 12	1536	5 11 26	2042	5 25 59
80	29 34	557	43 17	1052	57 31	1587	12 54	2053	26 18
91	29 53	626	45 16	1092	58 40	1598	13 13	2082	27 8
131	31 2	637	45 35	1103	58 59	1638	14 22	2093	27 27
142	31 21	677	46 44	1143	5 0 8	1649	14 41	2133	28 36
262	34 48	688	47 3	1172	0 58	1689	15 50	2184	30 4
		728	48 12	1223	2 26	1718	16 40	2195	30 23
		739	48 31			1769	18 8	2235	31 32
117⅔	4 30 39	649¾	5 45 57	1118	4 59 24 6/7	1648	5 14 39¼	2127⅛	5 28 25⅞

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2548	5 40 32	3054	5 55 5	3538	6 9 0	4044	6 23 33
2559	40 51	3072	55 36	3549	9 19	4084	24 42
2588	41 41	3105	56 33	3589	10 28	4095	25 1
2628	42 50	3123	57 4	3618	11 18	4124	25 51
2639	43 9	3134	57 23	3640	11 56	4135	26 10
2679	44 18	3174	58 32	3651	12 15	4146	26 29
2690	44 37	3185	58 51	3680	13 5	4164	27 0
2741	46 5	3214	59 41	3720	14 14	4175	27 19
				3731	14 33	4186	27 38
						4197	27 57
2634	5 43 0⅜	3132⅝	5 57 20⅝	3635 1/9	6 11 47 5/9	4135	6 26 10

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72526146	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
130	4 31 0,2782	38,5	9,46	10,62	4 31 0,2806	+0,0024
630	45 22,9261	34,0			45 22,9217	−0,0044
1130	59 45,5602	30,2	9,49	10,69	59 45,5604	+0,0002
1630	5 14 8,1953	27,0			5 14 8,1979	+0,0026
2130	28 30,8351	24,0	9,52	10,76	28 30,8341	−0,0010
2630	42 53,4740	21,5			42 53,4692	−0,0048
3130	57 16,0962	19,3	9,56	10,83	57 16,1036	+0,0074
3630	6 11 38,7376	17,3			6 11 28,7376	0,0000
4130	26 1,3737	15,5	9,60	10,85	26 51,3711	−0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang	9,033	9,44	9,71	10,39	9,44	10,57
Ende…	9,025	9,68	9,95	10,59	9,60	10,85
Mittel .	9,029	9,56	9,83	10,49	9,52	10,71

Gemessene Länge …….	*F*—0,8144
Temperatur von *F* = 9°,76	+0,0527
Toise, Temperatur = 10°,22	863,9398
Elasticität des Fadens …..	+0,0042
Länge des Pendels …	= *F* + 863,1823

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72526146 Uhrz. ………. = 1″,7210717 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels ………… $1305^{L},7179 + 2,9620\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum ………………… — 0,1967 — 0,0005 ε — 0,1966 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel ………… + 0,2395

——— auf *F* ………………………… — 863,1823

Resultat des Versuchs ………. *F* = 442,5784 + 2,9615 ε — 0,1966 *k*

4te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte $= 14{,}96\,L.$

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	P
			h ′ ″	h ′ ″
1	Mai	2	22 7 0	21 53 19
2			23 6 30	22 52 48
3			0 5 30	23 51 47
4			1 4 30	0 50 46
5			2 3 0	1 49 15
6		3	3 2 0	2 48 14
7			4 1 0	3 47 13
8			5 0 0	4 46 12
9			6 56 0	6 42 10
10			7 54 0	7 40 9
11			8 52 0	8 38 8
12			0 27 0	0 11 52
13		4	3 22 0	3 6 49
14			4 21 0	4 5 48
15			6 16 0	6 0 46
16			8 10 0	7 54 44
17			9 6 30	8 51 13
18		5	22 17 0	22 2 4
19			23 14 30	22 59 33
20			0 11 30	23 56 32
21		6	3 1 30	2 46 29
22			3 58 0	3 32 58
23			21 56 30	21 41 9
24			22 53 0	22 37 38
25			0 47 0	0 31 36
26			1 43 30	1 28 5
27		7	3 36 30	3 21 3
28			6 28 0	6 12 30
29			7 25 0	7 9 29
30			8 22 0	8 6 28
31			9 19 0	9 3 27

Zeit in welcher P gegen R einen Schlag verliert.

			h ′	′ ″
1 bis 5	Mai	2	0 6	59 0,0
6 - 11		3	5 58	58 17,1
12 - 15		4	3 16	58 12,8
13 - 17		4	6 16	57 21,9
18 - 22		5	1 14	56 47,4
23 - 26		6	23 50	56 48,0
27 - 31		7	6 23	56 54,9

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr R

		St. Z.	Verbesserung				Tägliche Veränderung
		h ′	″			h ′	″
Mai	1	7 17	+ 38,793	Mai	1	20 44	+ 0,619
	2	10 10	+ 39,486		2	20 52	+ 0,407
	3	7 34	+ 39,849		3	18 15	+ 0,536
	4	4 56	+ 40,337		4	18 14	+ 0,450
	5	7 31	+ 40,835		5	19 33	+ 0,691
	6	7 35	+ 41,528		6	19 36	+ 0,502
	7	7 37	+ 42,031		7	20 6	+ 0,566
	8	8 35	+ 42,620				

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch			St. Z.	k	s	1 Schlag von P
			h ′	′ ″	″	″
IV. *a.*	Mai	2	0 17	58 58,7	+ 0,433	0,9975565
IV. *b.*		3	6 20	58 14,4	+ 0,464	0,9975604
IV. *c.*		4	5 43	57 31,3	+ 0,495	0,9975643
IV. *d.*		5	1 18	56 47,4	+ 0,646	0,9975698
IV. *e.*		6	0 4	56 48,2	+ 0,514	0,9975682
IV. *f.*		7	6 18	56 54,8	+ 0,530	0,9975678

Bei dieser Bestimmung hatte ich den Fühlhebel festgestellt, so daſs die Berührung der Ebene desselben mit der Kugel, mit einer Lupe beobachtet wurde; auf diese Art sind die wirklichen Längen der Pendel gemessen, nicht, wie bei den übrigen Bestimmungen, die durch den Druck des Fühlhebels verkürzten.

Versuch IV. *a*. 1826 Mai 2. $0^h\,17'$ Stz. Barometer 335,67 *L*. + 11°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	23 2 26	466	23 15 50	972	23 30 23	1478	23 44 56	1995	23 59 48
11	2 45	477	16 9	1023	31 51	1489	45 15	2006	0 0 7
51	3 54	517	17 18	1034	32 10	1529	46 24	2137	3 53
62	4 13	528	17 37	1125	34 47	1540	46 43	2177	5 2
113	5 41	579	19 5	1165	35 56	1580	47 52	2188	5 21
153	6 50	648	21 4	1176	36 15	1591	48 11	2239	6 49
						1711	51 38		
						1722	51 57		
65	23 4 18 $\frac{1}{6}$	535 $\frac{5}{6}$	23 17 50,5	1082,5	23 33 33 $\frac{2}{3}$	1580	23 47 52	2123 $\frac{2}{3}$	0 3 30

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2461	0 13 12	3007	0 28 54	3473	0 42 18	3968	0 56 32
2472	13 31	3018	29 13	3484	42 37	3979	56 51
2541	15 30	3058	30 22	3513	43 27	4019	58 0
2552	15 49	3069	30 41	3524	43 46	4030	58 19
2592	16 58	3098	31 31	3553	44 36	4070	59 28
2603	17 17	3109	31 50	3564	44 55	4081	59 47
2643	18 26	3120	32 9	3604	46 4	4099	1 0 18
2654	18 45	3189	34 8	3615	46 23	4110	0 37
				3655	47 32	4121	0 56
				3666	47 51	4132	1 15
2564 $\frac{3}{4}$	0 16 11	3083 $\frac{1}{2}$	0 31 6	3565,1	0 44 56,9	4060,9	0 59 12,3

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur *μ*	*l′*	*l‴*	Rechnung 1″,72529046	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
80	23 4 44,0462	39,1	10,50	11,13	22 4 44,0454	−0,0008
580	19 6,7008	34,2			19 6,7013	+0,0005
1080	33 29,3534	30,2	10,53	11,19	33 29,3548	+0,0014
1580	47 52,0000	27,0			47 52,0067	+0,0067
2080	0 2 14,6618	24,0	10,56	11,24	0 2 14,6573	−0,0045
2580	16 37,3109	21,5			16 37,3069	−0,0040
3080	30 59,9614	19,2	10,59	11,28	30 59,9558	−0,0056
3580	45 22,6070	17,3			45 22,6041	−0,0029
4080	59 45,2433	15,5	10,56	11,33	59 45,2518	+0,0085

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e′*	*e″*	*e‴*	*l′*	*l‴*
	R	°	°	°	°	°
A.	8,909	10,52	10,63	11,13	10,49	11,12
E.	8,915	10,62	10,78	11,33	10,55	11,34
M.	8,912	10,57	10,705	11,23	10,52	11,23

Gemessene Länge *F*—0,8039
Temperatur von *F* = 10°,66 +0,0577
Toise, Temperatur = 11°,01 863,9476
Länge des Pendels . . . = *F* + 863,2014

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72529046 Uhrz. = 1″,7210747 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}7225 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0,1980 — 0,0005 ε — 0,1980 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
——— auf *F* . — 863,2014
Resultat des Versuchs *F* = 442,5626 + 2,9615 ε — 0,1980 *k*

Versuch IV. *b*. 1826 Mai 3. $6^h\ 20'$ Stz. Barometer 335,72 *L*. + 13°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	5 5 24	517	5 20 16	1012	5 34 30	1489	5 48 13	1995	6 2 46
11	5 43	568	21 44	1023	34 49	1529	49 22	2006	3 5
51	6 52	579	22 3	1063	35 58	1540	49 41	2086	5 23
62	7 11	597	22 34	1074	36 17	1580	50 50	2126	6 32
102	8 20	608	22 53	1114	37 26	1620	51 59	2137	6 51
233	12 6	648	24 2	1125	37 45	1660	53 8	2177	8 0
244	12 25	659	24 21	1154	38 35	1671	53 27	2188	8 19
		699	25 30	1165	38 54	1711	54 36		
				1176	39 13				
				1245	41 12				
$100\frac{3}{7}$	5 8 $17\frac{2}{7}$	$609\frac{3}{8}$	5 22 $55\frac{3}{8}$	1115,1	5 37 27,9	1600	5 51 24,5	$2182\frac{1}{7}$	6 5 $50\frac{6}{7}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2541	6 18 28	3007	6 31 52	3502	6 46 6	4019	7 0 58
2552	18 47	3036	32 42	3513	46 25	4048	1 48
2592	19 56	3047	33 1	3553	47 34	4059	2 7
2603	20 15	3058	33 20	3564	47 53	4070	2 26
2632	21 5	3069	33 39	3604	49 2	4081	2 45
2672	22 14	3098	34 29	3615	49 21	4099	3 16
2683	22 33	3138	35 38	3644	50 11	4110	3 35
2723	23 42	3149	35 57	3655	50 30	4150	4 44
		3189	37 6	3684	51 20	4161	5 3
		3200	37 25	3695	51 39	4201	6 12
$2624\frac{3}{4}$	6 20 52,5	3099,1	6 34 30,9	3602,9	6 49 0,1	4099,8	7 3 17,4

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72528940	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	5 8 16,5463	37,7	11,06	11,79	5 8 16,5448	−0,0015
600	22 39,2005	33,3			22 39,1995	−0,0010
1100	37 1,8480	29,3	11,12	11,88	37 1,8521	+0,0041
1600	51 24,5000	26,2			51 24,5031	+0,0031
2100	6 5 47,1600	23,4	11,14	11,93	6 5 47,1530	−0,0070
2600	20 9,7988	20,9			20 9,8020	+0,0032
3100	34 32,4528	18,7	11,16	11,98	34 34,4502	−0,0026
3600	48 55,0966	16,7			48 55,0979	+0,0013
4100	7 3 17,7451	15,2	11,18	12,06	7 3 17,7453	+0,0002

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
A.	8,946	11,21	11,31	11,71	11,00	11,70
E.	8,921	11,21	11,46	12,00	11,19	12,08
M.	8,9335	11,21	11,385	11,855	11,095	11,89

Gemessene Länge *F*—0,8058
Temperatur von *F* = 11°,32 . +0,0613
Toise, Temperatur = 11,66 . 863,9540
Länge des Pendels... = *F* + 863,2095

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72528940 Uhrz. = 1″,7210804 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,7311 L + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,1976 — 0,0005 ε — 0,1975 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
——— auf *F* — 863,2095
Resultat des Versuchs *F* = 442,5635 + 2,9615 ε — 0,1975 *k*

Versuch IV. *c.* 1826 Mai 4. $5^h\ 43'$ Stz. Barometer 337,02 *L.* + $12°,3$ *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1'',00357038	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	4 40 19,5	12,3	11,08	11,23	4 40 19,4995	— 0,0005
559	49 40,5	11,7			49 40,5015	+ 0,0015
1117	59 0,5	11,0	11,08	11,23	59 0,4992	— 0,0008
1676	5 8 21,5	10,4			5 8 21,4999	— 0,0001
2235	17 42,5	9,8	11,08	11,26	17 42,5001	+ 0,0001
2794	27 3,5	9,2			27 3,4999	— 0,0001
3353	36 24,5	8,75	11,08	11,31	36 24,4993	— 0,0007
3913	45 46,5	8,3			45 46,5020	+ 0,0020
4471	55 6,5	7,9	11,11	11,31	55 6,4974	— 0,0026
5031	6 4 28,5	7,45			6 4 28,4996	— 0,0004
5591	13 50,5	7,0	11,11	11,34	15 50,5015	+ 0,0015

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,101	11,16	11,26	11,62	10,91	11,20
Ende...	9,098	11,21	11,36	11,81	11,11	11,37
Mittel..	9,0995	11,185	11,31	11,715	11,01	11,285

Gemessene Länge F — 0,8208
Temperatur von $F = 11°,27$ + 0,0610
Länge des Pendels $= F$ — 0,7598

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00357038 Uhrz. = 1'',0011260 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. $441^L,8033 + 1,0023\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum — 0,0672 — $0,0002\,\varepsilon$ — $0,0671\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0393
——— auf F + 0,7598
Resultat des Versuchs $F = 442,4566 + 1,0021\,\varepsilon - 0,0671\,k$

Versuch IV. *d.* 1826 Mai 5. $1^h\,18'$ Stz. Barometer 336,39 *L.* + 12°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1″,00356311	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	0 15 31,5	12,7	10,66	10,93	0 15 31,5004	+ 0,0004
560	24 53,5	11,95			24 53,5020	+ 0,0020
1119	34 14,5	11,3	10,66	11,10	34 14,4994	— 0,0006
1679	43 36,5	10,7			43 36,4999	— 0,0001
2239	52 58,5	10,15	10,66	11,12	52 58,5000	0,0000
2799	1 2 20,5	9,5			1 2 20,4995	— 0,0005
3359	11 42,5	8,9	10,69	11,15	11 42,4985	— 0,0015
3919	21 4,5	8,4			21 4,4973	— 0,0027
4480	30 27,5	8,0	10,72	11,18	30 27,4993	— 0,0007
5041	39 50,5	7,6			39 50,5011	+ 0,0011
5602	49 13,5	7,2	10,72	11,20	48 13,5026	+ 0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,140	10,69	10,93	11,52	10,66	10,93
Ende ...	9,132	10,87	11,12	11,66	10,72	11,21
Mittel..	9,136	10,78	11,025	11,59	10,69	11,07

Gemessene Länge *F* — 0,8241
Temperatur von *F* = 10°,94 + 0,0592
Länge des Pendels = *F* — 0,7649

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00356311 Uhrz............ = 1″,0011243 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels............. $441^L,8018$ + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0671 — 0,0002 ε — 0,0671 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0393
——— auf *F* + 0,7649
Resultat des Versuchs *F* = 442,4603 + 1,0020 ε — 0,0671 *k*

Versuch IV. *e.* 1826 Mai 6. $0^h\,4'$ Stz. Barometer 337,08 *L.* + 12°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	22 47 29	506	23 2 2	1012	23 16 35	1518	23 31 8	1984	23 44 32
40	48 38	517	2 21	1052	17 44	1569	32 36	2024	45 41
51	48 57	557	3 30	1063	18 3	1580	32 55	2064	46 50
102	50 25	648	6 7	1103	19 12	1609	33 45	2075	47 9
142	51 34	688	7 16	1114	19 31	1649	34 54	2115	48 18
193	53 2	699	7 35	1154	20 40	1660	35 13	2166	49 46
						1700	36 22	2177	50 5
						1711	36 41	2206	50 55
88	20 50 0 5/6	602,5	23 4 48,5	1083	23 18 37,5	1624,5	23 34 11 3/4	2101 3/8	23 47 54,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2530	0 0 14	3025	0 14 28	3520	0 28 42	3986	0 42 6
2541	0 33	3036	14 47	3531	29 1	3997	42 25
2570	1 23	3076	15 56	3542	29 20	4037	43 34
2581	1 42	3087	16 15	3673	33 6	4066	44 24
2610	2 32	3127	17 24	3684	33 25	4077	44 43
2621	2 51	3156	18 14	3702	33 56	4088	45 2
2661	4 0	3167	18 33	3713	34 15	4099	45 21
2672	4 19	3207	19 42			4128	46 11
		3218	20 1			4168	47 20
						4179	47 39
2598 1/4	0 2 11 3/4	3122 1/9	0 17 15 5/9	3623 4/7	0 31 40 5/7	4082,5	0 44 52,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72527742	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	22 50 21,5368	39,7	10,50	11,30	22 50 21,5372	+0,0004
600	23 4 44,1868	34,7			23 4 44,1868	0,0000
1100	19 6,8299	30,6	10,54	11,33	19 6,8339	+0,0040
1600	23 29,4804	27,1			33 29,4792	−0,0012
2100	47 52,1277	24,1	10,58	11,39	47 52,1232	−0,0045
2600	0 2 14,7692	21,6			0 2 14,7663	−0,0029
3100	16 37,4076	19,4	10,63	11,45	16 37,4087	+0,0011
3600	31 0,0468	17,3			31 0,0505	+0,0037
4100	45 22,6925	15,6	10,66	11,50	45 22,6920	−0,0005

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l″
	R	°	°	°	°	°
A.	9,049	10,57	10,72	11,33	10,44	11,26
E.	8,989	10,69	10,92	11,47	10,66	11,56
M.	9,019	10,63	10,82	11,40	10,55	11,41

Gemessene Länge *F*—0,8135
Temperatur von *F* = 10°,75 +0,0582
Toise, Temperatur = 11°,16 863,9491
Länge des Pendels . . . = *F* + 863,1938

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72527742 Uhrz. = 1″,7210819 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}7334 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0,1988 — 0,0005 ε — 0,1988 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
——— auf *F* . — 863,1938

Resultat des Versuchs *F* = 442,5803 + 2,9615 ε — 0,1988 *k*

Versuch IV. *f.* 1826 Mai 7. $6^h\,18'$ Stz. Barometer 336,96 *L.* + 13°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	5 1 29	546	5 17 11	1001	5 30 16	1518	5 45 8	2024	5 59 41
40	2 38	586	18 20	1012	30 35	1558	46 17	2064	6 0 50
51	2 57	597	18 39	1052	31 44	1569	46 36	2075	1 9
120	4 56	637	19 48	1063	32 3	1598	47 26	2115	2 18
182	6 43	648	20 7	1114	33 31	1609	47 45	2126	2 37
222	7 52	688	21 16	1183	35 30	1649	48 54	2195	4 36
		739	22 44	1194	35 49	1660	49 13	2206	4 55
				1234	36 58	1700	50 22	2246	6 4
$102\frac{1}{2}$	5 4 $25\frac{5}{6}$	$634\frac{3}{7}$	5 19 $43\frac{4}{7}$	$1106\frac{5}{8}$	5 33 $18\frac{1}{4}$	$1607\frac{5}{8}$	5 47 $42\frac{5}{8}$	$2131\frac{3}{8}$	6 2 $46\frac{1}{4}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2530	6 14 14	3025	6 28 28	3520	6 42 42	3997	6 56 25
2541	14 33	3036	28 47	3542	43 20	4037	57 34
2559	15 4	3076	29 56	3553	43 39	4088	59 2
2570	15 23	3087	30 15	3571	44 10	4099	59 21
2610	16 32	3127	31 24	3582	44 29	4139	7 0 30
2621	16 51	3156	32 14	3622	45 38	4168	1 20
2661	18 0	3167	32 33	3633	45 57	4179	1 39
2672	18 19	3207	33 42	3673	47 6	4219	2 48
2712	19 28	3218	34 1	3684	47 25		
2723	19 47			3702	47 56		
2619,9	6 16 49,1	$3122\frac{1}{9}$	6 31 $15\frac{5}{9}$	3608,2	6 45 14,2	$4115\frac{3}{4}$	6 59 $49\frac{7}{8}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″, 72528446	Fehler
		μ	*l*′	*l*‴		
	h ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
110	5 4 38,7730	39,0	11,12	12,14	5 4 38,7721	−0,0009
610	19 1,4249	34,1			19 1,4246	−0,0003
1110	33 24,0729	30,1	11,20	12,22	33 24,0748	+0,0019
1610	47 46,7226	26,5			47 46,7233	+0,0007
2110	6 2 9,3718	24,0	11,25	12,28	6 2 9,3707	−0,0011
2610	16 32,0196	21,4			16 32,0171	−0,0025
3110	30 54,6604	19,2	11,24	12,32	30 54,6627	+0,0023
3610	45 17,3055	17,2			45 17,3078	+0,0023
4110	59 39,9546	15,5	11,27	12,39	59 39,9524	−0,0022

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e*′	*e*″	*e*‴	*l*′	*l*‴
	R	°	°	°	°	°
A.	8,985	11,16	11,46	12,00	11,11	12,13
E.	8,971	11,46	11,70	12,24	11,33	12,29
M.	8,978	11,31	11,58	12,12	11,22	12,21

Gemessene Längė *F*—0,8098
Temperatur von *F* = 11°,48 +0,0621
Toise, Temperatur = 11°,90 863,9564
Länge des Pendels . . . = *F* + 863,2087

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72528446 Uhrz = 1″,7210884 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^{L},7433$ + 2,9621 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0,1982 — 0,0005 ε — 0,1982 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2395
——— auf *F* . — 863,2087
Resultat des Versuchs *F* = 442,5759 + 2,9616 ε — 0,1982 *k*

5te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,97 *L.*

Vergleichungen der beiden Uhren

		R	P
		h ′ ″	h ′ ″
1	Mai 30	4 10 0	3 44 55
2		5 8 30	4 43 24
3		6 6 30	5 41 23
4		9 1 0	8 35 50
5		9 58 30	9 33 19
6		10 57 0	10 41 48
7		0 42 30	0 17 4
8		1 40 0	1 14 33
9		3 39 30	3 14 1
10	31	4 38 0	4 12 30
11		5 34 30	5 8 59
12		7 33 30	7 7 57
13		9 32 30	9 6 55
14		10 31 30	10 5 54
15		11 30 0	11 4 23
16	Juni 1	4 57 30	4 31 35
17		5 55 30	5 29 34
18		7 50 30	7 24 32
19		8 47 30	8 21 31
20		9 44 30	9 18 30
21		10 42 0	10 25 59
22	2	5 43 30	5 17 13
23		6 40 0	6 13 42
24		9 30 30	9 4 10
25		10 26 30	10 0 9
26		1 41 30	1 14 48
27		2 37 30	2 10 47
28		3 34 30	3 7 46
29		4 31 0	4 4 15
30	3	5 27 30	5 0 44

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	′ ″
1 bis 6	Mai 30	7 35	58 6,1
2 - 6	30	7 59	58 4,0
7 - 10	30	2 41	59 3,0
10 - 15	31	8 2	59 3,8
16 - 21	Juni 1	7 48	57 22,0
22 - 25	2	8 6	56 39,7
26 - 30	2	3 34	56 33,0

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung
	h ′	″
Mai 29	8 22	+51,266
29	2 40	+51,773
31	9 20	+52,632
Juni 1	4 48	+52,945
2	7 0	+53,514
3	9 48	+54,177
4	7 27	+54,673

		Tägliche Veränderung
	h ′	″
Mai 29	17 31	+ 0,665
30	18 0	+ 0,671
31	19 4	+ 0,386
Juni 1	17 54	+ 0,521
2	20 24	+ 0,594
3	20 38	+ 0,550

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
V. *a.*	Mai 30	7 47	58 5,0	+ 0,668	0,9975635
V. *b.*	30	2 51	59 3,0	+ 0,571	0,9975577
V. *c.*	31	8 33	59 3,9	+ 0,507	0,9975569
V. *d.*	Juni 1	7 52	57 22,0	+ 0,462	0,9975647
V. *e.*	2	8 11	56 39,7	+ 0,560	0,9975695
V. *f.*	2	3 31	56 33,0	+ 0,581	0,9975703

Versuch V. *a*. 1826 Mai 30. $7^h 47'$ Stz. Barometer 336,52 *L*. $+21°,3$ *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	6 20 45	528	6 35 36	1016	6 49 38	1504	7 3 40	2021	7 18 32
40	21 34	568	36 45	1056	50 47	1544	4 49	2061	19 41
91	23 2	579	37 4	1107	52 15	1584	5 58	2072	20 0
142	24 30	619	38 13	1158	53 43	1635	7 26	2112	21 9
182	25 39	670	39 41	1209	55 11	1686	8 54	2123	21 28
193	25 58	721	41 9	1249	56 20	1726	10 3	2163	22 37
108	6 23 $31\frac{1}{3}$	$614\frac{1}{6}$	6 38 $4\frac{2}{3}$	$1132\frac{1}{2}$	6 52 59	$1613\frac{1}{6}$	7 6 $48\frac{1}{3}$	2092	7 20 34,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2549	7 33 43	2986	7 46 17	3503	8 1 9	4031	8 16 20
2560	34 2	3026	47 26	3514	1 28	4042	16 39
2589	34 52	3077	48 54	3554	2 37	4053	16 58
2600	35 11	3117	50 3	3565	2 56	4082	17 48
2611	35 30	3168	51 31	3605	4 5	4093	18 7
2640	36 20	3179	51 50	3656	5 33	4122	18 57
2651	36 39	3219	52 59	3667	5 52	4133	19 16
2691	37 48	3270	54 27	3707	7 1	4144	19 35
						4184	20 44
						4224	21 53
$2611\frac{3}{8}$	7 35 $30\frac{5}{8}$	$3130\frac{1}{4}$	7 50 $25\frac{7}{8}$	$3596\frac{3}{8}$	8 3 $50\frac{1}{8}$	4110,8	8 18 37,7

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1″,72537118	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
110	6 23 34,7841	41,6	18,90	20,26	6 23 34,7823	−0,0018
610	37 57,4776	36,6			37 57,4802	+0,0026
1110	52 20,1788	32,3	18,93	20,37	52 20,1756	−0,0032
1610	7 6 42,8696	28,6			7 6 42,8690	−0,0006
2110	21 5,5569	25,5	18,94	20,43	21 5,5608	+0,0039
2610	35 28,2526	22,7			35 28,2516	−0,0010
3110	49 50,9360	20,3	18,96	20,45	49 50,9411	+0,0051
3610	8 4 13,6334	18,1			8 4 13,6300	−0,0034
4110	18 36,3197	16,3	18,96	20,45	18 36,3184	−0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
A.	8,890	18,92	19,40	20,02	18,88	20,21
E.	8,888	18,97	19,50	20,22	18,96	20,45
M.	8,889	18,945	19,45	20,12	18,92	20,33

Gemessene Länge	*F*—0,8018
Temperatur von *F* = 19°,27	+0,1043
Toise, Temperatur = 19,85	864,0347
Elasticität des Fadens . . .	+0,0042
Länge des Pendels . .	= *F* + 863,3414

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72537118 Uhrz. = 1″,7211673 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,8630 + 2,9624\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum . $-\,0,1925 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1925\,k$

——— auf das zusammengesetzte Pendel $+\,0,2396$

——— auf *F*. $-\,863,3414$

Resultat des Versuchs $F = 442,5687 + 2,9619\,\varepsilon - 0,1925\,k$

Versuch V. *b*. 1826 Mai 30. 2^h 51′ Stz. Barometer 336,38 *L.* + 19°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	1 23 56	488	1 37 58	1005	1 52 50	1493	2 6 52	2010	2 21 44
51	25 24	528	39 7	1016	53 9	1533	8 1	2021	22 3
91	26 33	579	40 35	1056	54 18	1544	8 20	2061	23 12
102	26 52	630	42 3	1067	54 37	1584	9 29	2072	23 31
142	28 1	670	43 12	1107	55 46	1595	9 48	2123	24 59
193	29 29	681	43 31	1185	57 14	1635	10 57	2163	26 8
				1198	58 23	1675	12 6	2203	27 17
				1209	58 42			2214	27 36
$96\frac{1}{2}$	1 26 42,5	596	1 41 $4\frac{1}{3}$	1102	1 55 $37\frac{3}{8}$	$1579\frac{6}{7}$	2 9 $21\frac{6}{7}$	$2108\frac{3}{8}$	2 24 $33\frac{3}{4}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2498	2 35 46	2986	2 49 48	3503	3 4 40	3980	3 18 23
2538	36 55	3026	50 57	3514	4 59	3991	18 42
2549	37 14	3037	51 16	3554	6 8	4031	19 51
2589	38 23	3077	52 25	3594	7 17	4042	20 10
2600	38 42	3117	53 34	3605	7 36	4071	21 0
2640	39 51	3128	53 53	3616	7 55	4082	21 19
2651	40 10	3168	55 2	3656	9 4	4093	21 38
2691	41 19	3208	56 11	3696	10 13	4133	22 47
						4162	23 37
						4173	23 56
$2594\frac{1}{2}$	2 38 32,5	$3093\frac{3}{8}$	2 52 $53\frac{1}{4}$	$3592\frac{1}{4}$	3 7 14	4075,8	3 21 8,3

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72536758	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	1 26 48,5388	39,4	18,43	19,84	1 26 48,5365	−0,0023
600	41 11,2348	34,5			41 11,2315	−0,0033
1100	55 33,9242	30,4	18,43	19,93	55 33,9241	−0,0001
1600	2 9 56,6113	27,1			2 9 56,6149	+0,0036
2100	24 19,2999	24,1	18,43	19,95	24 19,3044	+0,0045
2600	38 41,9896	21,6			38 41,9928	+0,0032
3100	53 4,6807	19,4	18,43	19,95	53 4,6804	−0,0003
3600	3 7 27,3717	17,3			3 7 27,3672	−0,0045
4100	21 50,0543	15,6	18,43	19,84	21 50,0533	−0,0010

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	8,953	18,54	19,01	19,67	18,43	19,83
E.	8,981	18,54	19,11	19,82	18,43	19,81
M.	8,967	18,54	19,06	19,745	18,43	19,82

Gemessene Länge	F — 0,8088
Temperatur von F = 18°,88	+ 0,1022
Toise, Temperatur = 19,46	864,0308
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels . . .	= F + 863,3284

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72536758 Uhrz. = 1″,7211537 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305,^{L}8423 + 2,9623 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0,1928 — 0,0005 ε — 0,1928 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel. + 0,2396
——— auf *F* . — 863,3284

Resultat des Versuchs *F* = 442,5607 + 2,9618 ε — 0,1928 *k*

Versuch V. *c*. 1826 Mai 31. $8^h\ 33'$ Stz. Barometer 336,61 *L*. + 20°,0 *C*.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1",00361518	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	7 20 7,5	12,8	18,32	18,75	7 20 7,5012	+ 0,0012
552	29 21,5	12,0			29 21,5032	+ 0,0032
1103	38 34,5	11,3	18,37	18,75	34 34,5011	+ 0,0011
1654	47 47,5	10,7			47 47,4983	— 0,0017
2206	57 1,5	10,2	18,32	18,75	57 1,4986	— 0,0014
2757	8 6 14,5	9,7			8 6 14,4947	— 0,0053
3310	15 29,5	9,1	18,32	18,75	15 29,4976	— 0,0024
3863	24 44,5	8,6			24 44,5001	+ 0,0001
4416	33 59,5	8,1	18,32	18,75	33 59,5022	+ 0,0022
4968	43 13,5	7,7			43 13,5005	+ 0,0005
5521	52 28,5	7,2	18,29	18,75	52 28,5020	+ 0,0020

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,123	18,49	18,82	19,18	18,32	18,75
Ende ...	9,107	18,39	18,77	19,03	18,29	18,73
Mittel ..	9,115	18,44	18,795	19,105	18,305	18,74

Gemessene Länge	*F* — 0,8219
Temperatur von *F* = 18°,67	+ 0,1011
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 0,7194

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00361518 Uhrz. = 1″,0011633 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,^{L}8362 + 1,0023 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0653 — 0,0001 ε — 0,0653 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0393
——— auf *F* + 0,7194

Resultat des Versuchs *F* = 442,4510 + 1,0022 ε — 0,0653 *k*

Versuch V. *d*. 1826 Juni 1. 7h 52′ Stz. Barometer 337,67 *L*. + 18°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l″	Rechnung 1″,00361879	Fehler
	° ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	6 39 19,5	12,9	16,66	17,20	6 39 19,4966	— 0,0034
552	48 33,5	12,1			48 33,5006	+ 0,0006
1103	57 46,5	11,4	16,66	17,22	57 46,5004	+ 0,0004
1654	7 6 59,5	10,8			7 6 59,4995	— 0,0005
2206	16 13,5	10,3	16,69	17,25	16 13,5017	+ 0,0017
2757	25 26,5	9,8			25 26,5000	0,0000
3310	34 41,5	9,2	16,71	17,30	34 41,5052	+ 0,0052
3861	43 54,5	8,8			43 54,5027	+ 0,0027
4411	53 6,5	8,2	16,69	17,30	53 6,4963	— 0,0037
4963	8 2 20,5	7,8			8 2 20,4966	— 0,0034
5516	11 35,5	7,4	16,71	17,30	11 35,5004	+ 0,0004

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e′	e″	e‴	l′	l″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,009	16,84	17,21	17,69	16,60	17,14
Ende ...	8,983	16,84	17,26	17,84	16,71	17,33
Mittel ..	8,996	16,84	17,235	17,765	16,655	17,235

Gemessene Länge	*F* — 0,8114
Temperatur von *F* = 17°,10	+ 0,0926
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 0,7174

Beobachtete Schwingungszeit = 1″, 00361879 Uhrz. = 1″, 0011747 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,L8462 + 1,0023 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0, 0659 — 0,0001 ε — 0,0659 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0, 0393
——— auf *F* + 0, 7174

Resultat des Versuchs *F* = 442, 4584 + 1,0022 ε — 0,0659 *k*

Versuch V. *e*. 1826 Juni 2. $8^h\,11'$ Stz. Barometer 338,19 *L.* + 18°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		
0	6 43 34	517	6 58 26	983	7 11 50	1511	7 27 1	1988	7 40 44		
40	44 43	557	59 35	994	12 9	1562	28 29	2039	42 12		
80	45 52	568	59 54	1034	13 18	1602	29 38	2079	43 21		
91	46 11	608	7 1 3	1045	13 37	1613	29 57	2090	43 40		
137	47 20	659	2 31	1085	14 46	1653	31 6	2130	44 49		
182	48 48	710	3 59	1136	16 14	1664	31 25	2181	46 17		
				1176	17,23	1704	32 34				
				1187	17 42						
$87\frac{1}{3}$	6 46 $4\frac{2}{3}$	$603\frac{1}{6}$	7 0 $54\frac{2}{3}$	1080	7 14 $37\frac{3}{8}$	$1615\frac{4}{7}$	7 30 $1\frac{3}{7}$	$2084\frac{1}{2}$	7 43 30,5		

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2505	7 55 36	2982	8 9 19	3510	8 24 30	3987	8 38 13
2516	55 55	2993	9 38	3539	25 20	4016	39 3
2556	57 4	3033	10 47	3550	25 39	4027	39 22
2567	57 23	3073	11 56	3561	25 58	4038	39 41
2607	58 32	3084	12 15	3590	26 48	4067	40 31
2647	59 41	3124	13 24	3601	27 7	4078	40 50
2658	8 0 0	3135	13 43	3641	28 16	4107	41 40
2698	1 9	3175	14 52	3652	28 35	4118	41 59
		3186	15 11	3692	29 44	4129	42 18
		3220	16 20	3703	30 3	4169	43 27
$2594\frac{1}{4}$	7 58 10	3101,1	8 12 38,5	3603,9	8 27 12	4073,6	8 40 42,4

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	*t*′	*t*‴	Rechnung 1″,72534664	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	6 46 26,5212	39,4	16,64	17,74	6 46 26,5186	−0,0026
600	7 0 49,2031	34,4			7 0 49,2029	−0,0002
1100	15 11,8821	30,3	16,66	17,74	15 11,8847	+0,0026
1600	29 34,5623	26,9			29 34,5647	+0,0024
2100	43 57,2430	24,0	16,66	17,74	43 57,2433	+0,0003
2600	58 19,9208	21,5			58 19,9208	0,0000
3100	8 12 36,6021	19,2	16,66	17,74	8 12 36,5975	−0,0046
3600	27 5,2711	17,1			27 5,2735	+0,0024
4100	41 27,9494	15,4	16,66	17,74	41 27,9491	−0,0003

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e*′	*e*″	*e*‴	*l*′	*l*″
	R	°	°	°	°	°
A.	8,891	16,69	17,06	17,69	16,63	17,74
E.	8,896	16,79	17,16	17,79	16,69	17,74
M.	8,8935	16,74	17,11	17,74	16,66	17,74

Gemessene Länge ……	*F* − 0,8022
Temperatur von *F* = 16°,98	+ 0,0919
Toise, Temperatur = 17,48	864,0113
Elasticität des Fadens ….	+ 0,0042
Länge des Pendels . .	= *F* + 863,3052

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72534664 Uhrz. ………… = 1″,7211532 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels ………… 1305,^{L}8416 + 2,9623 ε
Reduction auf den leeren Raum ………………… − 0,1951 − 0,0005 ε − 0,1950 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel ………… + 0,2396
——— auf *F* ……………………… − 863,3052

Resultat des Versuchs ……… *F* = 442,5809 + 2,9618 ε − 0,1950 *k*

Versuch V. *f.* 1826 Juni 2. 3^h 31′ Stz. Barometer 338,90 *L.* + 18°,1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	2 3 35	477	2 17 18	994	2 32 10	1471	2 45 53	1948	2 59 36
40	4 44	517	18 27	1045	33 38	1522	47 21	1988	3 0 45
51	5 3	579	20 14	1085	34 47	1562	48 30	1999	1 4
91	6 12	619	21 23	1096	35 6	1613	49 58	2039	2 13
142	7 40	659	22 32	1136	36 15	1653	51 7	2050	2 32
		710	24 0	1187	37 43	1664	51 26	2090	3 41
								2272	8 55
$64\frac{4}{5}$	2 5 26,8	$593\frac{1}{2}$	2 21 39	$1090\frac{1}{2}$	2 34 56,5	$1580\frac{5}{6}$	2 49 2,5	$2055\frac{1}{7}$	3 2 $40\frac{6}{7}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2465	3 14 28	2982	3 29 20	3459	3 43 3	3976	3 57 55
2505	15 37	2993	29 39	3470	43 22	3987	58 14
2516	15 56	3033	30 48	3510	44 31	4038	59 42
2556	17 5	3073	31 57	3550	45 40	4067	4 0 32
2567	17 24	3084	32 16	3561	45 59	4078	0 51
2607	18 33	3124	33 25	3601	47 8	4118	2 0
2658	20 1	3135	33 44	3612	47 27	4129	2 19
2698	21 10	3175	34 53	3641	48 17	4140	2 38
				3652	48 36		
				3692	49 45		
$2571\frac{1}{2}$	3 17 $31\frac{3}{4}$	$3074\frac{1}{8}$	3 32 $0\frac{1}{4}$	3574,8	3 46 22,8	$4066\frac{5}{8}$	4 0 $31\frac{3}{8}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72534558	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
80	2 5 53,0255	38,6	16,64	17,69	2 5 53,0225	−0,0030
580	21 15,7065	33,4			21 15,7055	−0,0021
1080	34 38,3837	29,9	16,64	17,71	34 38,3861	+0,0024
1580	49 1,0622	26,7			49 1,0650	+0,0028
2080	3 3 23,7446	23,6	16,67	17,74	3 3 23,7428	−0,0018
2580	17 46,4156	21,4			17 46,4196	+0,0040
3080	32 9,0925	19,2	16,73	17,80	32 9,0958	+0,0033
3580	46 31,7719	17,2			46 31,7715	−0,0004
4080	4 0 53,4517	15,4	16,76	17,83	4 0 53,4466	−0,0051

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
A.	8,864	16,74	16,97	17,55	16,66	17,68
E.	8,858	16,84	17,16	17,79	16,77	17,84
M.	8,861	16,79	17,065	17,67	16,715	17,76

Gemessene Länge	*F*—0,7993
Temperatur von *F* = 16°,97 .	+0,0919
Toise, Temperatur = 17,42 .	864,0107
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels . . .	= *F* + 863,3075

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72534558 Uhrz. = 1″,7211535 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^{L},8420 + 2,9623\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum . $-0,1954 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1954\,k$

——— auf das zusammengesetzte Pendel $+0,2396$

——— auf *F* . $-863,3075$

Resultat des Versuchs $F = 442,5787 + 2,9618\,\varepsilon - 0,1954\,k$

6te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,92 L.

Vergleichungen der beiden Uhren

		R	P
		h ' "	h ' "
1	Juni 16	23 41 0	23 40 22
2		0 40 30	0 39 51
3		1 37 0	1 36 20
4		3 31 0	3 30 18
5		4 28 0	4 27 17
6		5 24 30	5 23 46
7		6 20 30	6 19 45
8	17	7 16 30	7 15 44
9		10 8 0	10 7 11
10		11 4 0	11 3 10
11		12 2 0	12 1 9
12		5 19 0	5 17 51
13	18	9 10 0	9 8 47
14		10 8 0	10 6 46
15		12 2 30	12 1 14
16		13 57 0	13 55 42
17		1 33 30	1 32 0
18		2 31 0	2 29 29
19		3 28 0	3 26 28
20		4 25 0	4 23 27
21		5 23 0	5 21 26
22	19	6 22 0	6 20 25
23		7 19 0	7 17 24
24		8 20 0	8 18 23
25		9 20 0	9 18 22
26		11 18 0	11 16 20
27		12 18 30	12 16 49
28	22	6 22 0	6 19 6
29		7 20 0	7 17 5
30		8 18 30	8 15 34
31		9 17 0	9 14 3
32		10 15 0	10 12 2
33		11 14 30	11 11 31
34		12 15 30	12 12 30

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h '	' "
1 bis 6	Juni 16	2 34	57 7,5
6 - 11	17	8 42	57 1,1
12 - 16	18	9 34	57 33,9
17 - 22	18	3 57	57 35,3
23 - 27	19	9 53	59 43,6
24 - 27	19	10 19	59 30,0
28 - 34	22	9 17	58 47,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung
	h '	"
Juni 15	11 46	+ 2,545
17	13 34	+ 3,617
18	14 49	+ 4,030
21	7 32	+ 5,110
22	10 23	+ 5,710
23	8 42	+ 6,314

		Tägliche Veränderung
	h '	"
Juni 16	12 40	+ 0,517
17	2 12	+ 0,393
19	23 11	+ 0,401
21	20 58	+ 0,537
22	21 39	+ 0,649

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h '	' "	"	"
VI. *a.*	Juni 16	2 41	57 7,4	+ 0,471	0,9975661
VI. *b.*	17	8 57	57 0,8	+ 0,456	0,9975664
VI. *c.*	18	9 34	57 33,9	+ 0,394	0,9975629
VI. *d.*	18	3 59	57 36,0	+ 0,398	0,9975628
VI. *e.*	19	10 11	59 34,2	+ 0,399	0,9975533
VI. *f.*	22	9 21	59 47,1	+ 0,593	0,9975592

Versuch VI. *a.* 1826 Juni 16. $2^h\,41'$ Stz. Barometer 334,28 *L.* + 19,°4 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	1 39 20	517	1 54 12	1034	2 9 4	1522	2 23 6	2039	2 37 58
51	40 48	528	54 31	1045	9 23	1562	24 15	2050	38 17
131	43 6	568	55 40	1085	10 32	1602	25 24	2090	39 26
142	43 25	579	55 59	1096	10 51	1653	26 52	2101	39 45
193	44 53	619	57 8	1136	12 0	1664	27 11	2170	41 44
233	46 2	710	59 45	1147	12 19	1704	28 20	2181	42 3
		750	2 0 54	1187	13 28			2221	43 12
								2232	43 31
125	1 42 55 $\frac{2}{3}$	610 $\frac{1}{7}$	1 56 52 $\frac{5}{7}$	1104 $\frac{2}{7}$	2 11 5 $\frac{2}{7}$	1617 $\frac{5}{6}$	2 25 51 $\frac{1}{3}$	2135 $\frac{1}{2}$	2 40 44,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2556	2 52 50	3022	3 6 14	3521	3 20 35	4016	3 34 49
2567	53 9	3033	6 33	3539	21 6	4027	35 8
2607	54 18	3073	7 42	3550	21 25	4056	35 58
2618	54 37	3084	8 1	3590	22 34	4067	36 17
2658	55 46	3124	9 10	3601	22 53	4078	36 36
2709	57 14	3135	9 29	3641	24 2	4107	37 26
2738	58 4	3175	10 38	3652	24 21	4118	37 45
2749	58 23	3204	11 28	3692	25 30	4158	38 54
				3703	25 49	4169	39 13
				3743	26 58	4209	40 22
2650 $\frac{1}{4}$	2 55 32 $\frac{5}{8}$	3106 $\frac{1}{4}$	3 8 39 $\frac{3}{8}$	3623,2	3 23 31,3	4100 $\frac{1}{2}$	3 37 14,8

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72534146	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
120	1 42 47,0399	39,3	19,00	20,38	1 42 47,0396	−0,0003
620	57 9,7213	34,2			57 9,7210	−0,0003
1120	2 11 32,3983	30,0	19,05	20,43	2 11 32,3999	+0,0016
1620	25 55,0716	26,3			25 55,0771	+0,0055
2120	40 17,7571	23,2	19,10	20,48	40 17,7528	−0,0043
2620	54 40,4332	20,5			54 40,4275	−0,0057
3120	3 9 3,0986	18,3	19,13	20,53	3 9 3,1016	+0,0030
3620	23 25,7789	16,3			23 35,7753	−0,0036
4120	37 48,4443	14,5	19,16	20,61	37 48,4485	+0,0042

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	9,516	19,36	19,94	20,47	18,99	20,10
E.	9,437	19,36	19,94	20,66	19,32	20,64
M.	9,4765	19,36	19,94	20,565	19,155	20,37

Gemessene Länge	*F* — 0,8548
Temperatur von *F* = 19°,74 .	+ 0,1069
Toise, Temperatur = 20°,31 .	864,0392
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels . . .	= *F* + 863,2955

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72534146 Uhrz. = 1″,7211422 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305,^{L}8249$ + 2,9623 ε

Reduction auf den leeren Raum . — 0,1911 — 0,0005 ε — 0,1911 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2394

——— auf *F* . — 863,2955

Resultat des Versuchs *F* = 442,5776 + 2,9618 ε — 0,1911 *k*

Versuch VI. *b*. 1826 Juni 17. $8^h\ 57'$ Stz. Barometer 335,21 *L*. + 21°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	7 55 53	568	8 12 13	1005	8 24 47	1511	8 39 20	1988	8 53 3
40	57 2	619	13 41	1045	25 56	1522	39 39	2028	54 12
51	57 21	670	15 9	1107	27 43	1562	40 48	2039	54 31
91	58 30	710	16 18	1176	29 42	1573	41 7	2079	55 40
102	58 49	721	16 37	1187	30 1	1613	42 16	2090	55 59
193	8 1 26					1664	43 44	2130	57 8
						1675	44 3	2141	57 27
						1704	44 53	2181	58 36
$79\frac{1}{2}$	7 58 $10\frac{1}{6}$	$657\frac{3}{5}$	8 14 47,6	1104	8 27 37,8	1603	8 41 $58\frac{3}{4}$	$2084\frac{1}{2}$	8 55 49,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2505	9 7 55	2993	9 21 57	3499	9 36 30	3987	9 50 32
2516	8 14	3033	23 6	3510	36 49	4027	51 41
2556	9 23	3073	24 15	3550	37 58	4067	52 50
2596	10 32	3124	25 43	3561	38 17	4078	53 9
2607	10 51	3164	26 52	3590	39 7	4118	54 18
2647	12 0	3175	27 11	3601	39 26	4129	54 37
2658	12 19			3641	40 35	4158	55 27
2698	13 28			3681	41 44	4169	55 46
						4198	56 36
						4209	56 55
$2597\frac{7}{8}$	9 10 $35\frac{1}{4}$	$3093\frac{2}{3}$	9 24 $50\frac{2}{3}$	$3579\frac{1}{8}$	9 38 $48\frac{1}{4}$	4114	9 54 11,1

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	*t′*	*t‴*	Rechnung 1″,72533894	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	7 58 45,5364	39,9	19,68	20,98	7 58 45,5372	+0,0008
600	8 13 8,2198	34,9			8 13 8,2175	−0,0023
1100	27 30,8986	30,9	19,83	21,08	27 30,8955	−0,0031
1600	41 53,5732	27,5			41 53,5720	−0,0012
2100	56 16,2429	24,4	19,91	21,12	56 16,2472	+0,0043
2600	9 10 38,9164	21,9			9 10 38,9213	+0,0049
3100	25 1,5939	19,7	19,94	21,17	25 1,5957	+0,0018
3600	39 24,2667	17,6			39 24,2676	+0,0009
4100	53 46,9451	15,8	19,98	21,26	53 46,9400	−0,0051

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e′*	*e″*	*e‴*	*t′*	*t″*
	R	°	°	°	°	°
A.	9,475	19,80	20,29	20,96	19,65	20,96
E.	9,469	20,05	20,49	21,16	19,98	21,27
M.	9,472	19,925	20,39	21,06	19,815	21,115

Gemessene Länge	*F*—0,8544
Temperatur von *F* = 20°, 23	+0,1095
Toise, Temperatur = 20°, 78	864,0438
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ...	= *F* + 863,3031

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72533894 Uhrz. = 1″,7211402 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,8219$ + 2,9623 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,1912 — 0,0005 ε — 0,1911 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2394
——— auf *F* — 863,3031

Resultat des Versuchs *F* = 442,5670 + 2,9618 ε — 0,1911 *k*

Versuch VI. *c.* 1826 Juni 18. 9^h 34′ Stz. Barometer 338,40 *L.* + 20°,1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1″,00356184	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	8 46 24,5	10,9	18,96	19,48	8 46 24,5009	+ 0,0009
560	55 46,5	10,3			55 46,5013	+ 0,0013
1119	9 5 7,5	9,7	18,96	19,48	9 5 7,4974	— 0,0026
1680	14 30,5	9,2			14 30,5003	+ 0,0003
2241	23 53,5	8,7	18,96	19,48	23 53,5027	+ 0,0027
2800	33 14,5	8,2			33 14,4976	— 0,0024
3361	42 37,5	7,7	18,96	19,48	42 37,4994	— 0,0006
3921	51 59,5	7,2			51 59,4971	— 0,0029
4483	10 1 23,5	6,8	18,93	19,43	10 1 23,5017	+ 0,0017
5044	10 46,5	6,4			10 46,5024	+ 0,0024
5604	20 8,5	6,0	18,93	19,43	20 8,4994	— 0,0006

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,671	18,97	19,41	19,92	18,91	19,51
Ende...	9,661	18,97	19,45	20,02	18,91	19,43
Mittel..	9,666	18,97	19,43	19,97	18,91	19,47

Gemessene Länge	= *F* — 0,8719
Temperatur von *F* = 19°,27	+ 0,1043
Elasticität des Fadens..............	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 0,7662

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00356184 Uhrz........... = 1″,0011161 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels............. 441,^{L}7945 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0655 — 0,0001 ε — 0,0655 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0395
——— auf *F* + 0,7662

Resultat des Versuchs *F* = 442,4557 + 1,0021 ε — 0,0655 *k*

Versuch VI. *d.* 1826 Juni 18. 3^h 59′ Stz. Barometer 338,16 *L.* + 18°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	*l′*	*l″*	Rechnung 1″,00355490	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	3 10 45,5	13,2	17,88	18,44	3 10 45,5021	+ 0,0021
560	20 7,5	12,5			20 7,4995	— 0,0005
1121	29 30,5	11,8	17,91	18,46	29 30,4999	— 0,0001
1682	38 53,5	11,2			38 53,4997	— 0,0003
2243	48 16,5	10,6	17,96	18,52	48 16,4991	— 0,0009
2804	57 29,5	9,9			57 29,4979	— 0,0021
3366	4 7 3,5	9,3	18,02	18,57	4 7 3,4998	— 0,0002
3928	16 27,5	8,8			16 27,5014	+ 0,0014
4489	25 50,5	8,3	18,07	18,65	25 50,4992	— 0,0008
5051	35 14,5	7,85			35 14,5003	+ 0,0003
5613	44 38,5	7,45	18,13	18,70	44 38,5011	+ 0,0011

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*e′*	*e″*	*e‴*	*l′*	*l″*
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,678	18,05	18,47	19,08	17,82	18,41
Ende ...	9,665	18,25	18,62	19,28	18,04	18,70
Mittel ..	9,6715	18,15	18,545	19,18	17,93	18,555

Gemessene Länge	*F* — 0,8724
Temperatur von *F* = 18°,41	+ 0,0997
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 0,7713

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00355490 Uhrz. = 1″,0011090 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels............. 441,^{L}7883 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0657 — 0,0001 ε — 0,0657 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0395
——— auf *F* + 0,7713
Resultat des Versuchs *F* = 442,4544 + 1,0021 ε — 0,0657 *k*

Versuch VI. *e*. 1826 Juni 19. $10^h\,11'$ Stz. Barometer 338,23 *L*. + 19°,7 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	9 9 48	477	9 23 31	954	9 37 14	1471	9 52 6	1988	10 6 58
40	10 57	517	24 40	994	38 23	1511	53 15	2028	8 7
51	11 16	557	25 49	1005	38 42	1522	53 34	2039	8 26
91	12 25	568	26 8	1045	39 51	1562	54 43	2079	9 35
142	13 53	608	27 17	1056	40 10	1573	55 2	2090	9 54
193	15 21	619	27 36	1096	41 19	1613	56 11	2130	11 3
		659	28 45	1136	42 28	1624	56 30		
		670	29 4	1187	43 56				
86 1/6	9 12 16 2/3	584 3/8	9 26 36 1/4	1159 1/8	9 40 15 3/8	1553 5/7	9 54 28 5/7	2059	10 9 0,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2465	10 20 41	2982	10 35 33	3459	10 49 16	3965	11 3 49
2476	21 0	3022	36 42	3499	50 25	3976	4 8
2516	22 9	3033	37 1	3510	50 44	4016	5 17
2545	22 59	3073	38 10	3550	51 53	4045	6 7
2556	23 18	3113	39 19	3579	52 43	4056	6 26
2596	24 27	3124	39 38	3601	53 21	4067	6 45
2607	24 46	3164	40 47	3630	54 11	4078	7 4
2647	25 55	3175	41 6	3641	54 30	4107	7 54
						4147	9 3
						4158	9 22
2551	10 23 9 3/8	3085 3/4	10 38 32	3558 5/8	10 52 7 7/8	4061 1/2	10 6 35,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72533750	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
70	9 11 48,7735	39,6	18,43	19,59	9 11 48,7733	−0,0002
570	26 11,4481	35,0			26 11,4533	+0,0052
1070	40 34,1382	30,9	18,46	19,62	40 34,1307	−0,0075
1570	54 56,8029	27,5			54 56,8064	+0,0035
2070	10 9 19,4789	24,3	18,49	19,64	10 9 19,4806	+0,0017
2570	23 42,1567	21,7			23 42,1538	−0,0029
3070	38 4,8257	19,5	18,51	19,64	38 4,8261	+0,0004
3570	52 27,5009	17,3			52 27,4978	−0,0031
4070	11 6 50,1655	15,5	18,54	19,64	11 6 50,1689	+0,0034

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	9,582	18,68	19,11	19,67	18,43	19,59
E.	9,588	18,78	19,16	19,77	18,57	19,62
M.	9,585	18,73	19,135	19,72	18,50	19,605

Gemessene Länge *F* — 0,8646
Temperatur von *F* = 19°,00 + 0,1028
Toise, Temperatur = 19°,48 863,0310
Elasticität des Fadens + 0,0042
Länge des Pendels . . . = *F* + 863,2734

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72533750 Uhrz. = 1″,7211161 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}7853 + 2,9622 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0,1937 — 0,0005 ε — 0,1937 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2394
——— auf *F* . — 863,2734
Resultat des Versuchs *F* = 442,5576 + 2,9617 ε — 0,1937 *k*

Versuch VI. *f.* 1826 Juni 22. $9^h 21'$ Stz. Barometer 339,48 *L.* + 18°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	8 17 25	517	8 32 17	1034	8 47 9	1500	9 0 33	2028	9 15 44
11	17 44	528	32 36	1045	47 28	1511	0 52	2068	16 53
131	21 11	568	33 45	1096	48 56	1551	2 1	2119	18 21
142	21 30	630	35 32	1125	49 46	1562	2 20	2159	19 30
182	22 39	699	37 31	1165	50 55	1602	3 29	2199	20 39
193	22 58	710	37 50	1176	51 14	1642	4 38	2210	20 58
				1227	52 42	1693	6 6		
				1267	53 51	1733	7 15		
109 5/6	8 20 34,5	608 2/3	8 34 55 1/6	1141 7/8	8 50 15 1/8	1599 1/4	9 3 24 1/4	2130 1/2	9 18 40 5/6

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2534	9 30 17	3000	9 43 41	3517	9 58 33	4023	10 13 6
2585	31 45	3011	44 0	3528	58 52	4034	13 25
2625	32 54	3091	46 18	3557	59 42	4063	14 15
2636	33 13	3102	46 37	3597	10 0 51	4074	14 34
2665	34 3	3142	47 46	3608	1 10	4114	15 43
2676	34 22	3182	48 55	3648	2 19	4125	16 2
2716	35 31	3193	49 14	3659	2 38	4165	17 11
2727	35 50	3244	50 42	3699	3 47	4176	17 30
						4205	18 20
						4216	18 39
2645 1/2	9 33 29 3/8	3120 5/8	9 47 9 1/8	3601 5/8	10 0 59	4119 1/2	10 15 52,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72531850	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
120	8 20 52,0409	39,0	16,62	17,25	8 20 52,0463	+0,0054
620	35 14,7204	34,5			35 14,7163	−0,0041
1120	49 37,3834	30,5	16,73	17,34	49 37,3841	+0,0007
1620	9 4 0,0506	27,1			9 4 0,0503	−0,0003
2120	18 22,7173	24,1	16,79	17,37	18 22,7151	−0,0022
2620	32 45,3791	21,5			32 45,3790	−0,0001
3120	47 8,0467	19,3	16,82	17,39	47 8,0420	−0,0047
3620	10 1 30,7029	17,3			10 1 30,7045	+0,0016
4120	15 53,3627	15,5	16,82	17,39	15 53,3664	+0,0037

Messung der Länge des Pendels.

	Schrb. des Fühlh.	e′	e″	e‴	l′	l″
	R	°	°	°	°	°
A.	9,592	16,75	16,87	17,30	16,60	17,22
E.	9,566	16,94	17,06	17,45	16,82	17,41
M.	9,579	16,845	16,965	17,375	16,71	17,315

Gemessene Länge	F—0,8640
Temperatur von F = 16°,92	+0,0916
Toise, Temperatur = 17,21	864,0087
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels . .	= F + 863,2405

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72531850 Uhrz. = 1″,7211074 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,7721 L + 2,9621 ε

Reduction auf den leeren Raum . — 0,1958 — 0,0005 ε — 0,1957 k

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2394

——— auf F . — 863,2405

Resultat des Versuchs F = 442,5752 + 2,9616 ε — 0,1957 k

7te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,91 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

			R	*P*
			h ′ ″	h ′ ″
1	Juni	24	6 8 30	6 4 47
2			7 5 30	7 1 46
3			8 4 0	8 0 15
4			10 58 30	10 54 42
5			11 57 0	11 53 11
6			12 55 0	12 51 10
7			13 53 0	13 49 9
8		25	5 17 30	5 13 23
9			6 14 30	6 10 22
10			7 12 0	7 7 51
11			8 8 0	8 3 50
12			9 6 0	9 1 49
13			10 2 30	9 58 18
14			10 59 30	10 55 17
15			11 56 30	11 52 16
16			6 1 0	5 56 27
17		26	6 58 0	6 53 26
18			11 42 0	11 37 21
19			12 39 0	12 34 20
20			6 2 0	5 57 2
21		27	6 59 30	6 54 31
22			7 56 0	7 51 0
23			10 48 30	10 43 27
24			11 45 0	11 39 56
25			12 43 0	12 37 55
26			1 11 0	1 5 42
27			2 8 0	2 2 41
28			4 59 0	4 53 38
29			5 56 0	5 50 37
30		28	6 52 30	6 47 6
31			8 45 30	8 40 4
32			11 36 0	11 30 31
33			13 30 0	13 24 29

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	′ ″
1 bis 7	Juni 24	9 57	58 8,7
8 - 15	25	8 37	56 59,6
16 - 19	26	9 20	56 50,3
20 - 25	27	9 23	57 15,2
26 - 29	27	3 34	57 0,0
30 - 33	28	10 11	56 47,6

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung		St. Z.	Tägliche Veränderung
	h ′	″		h ′	″
Juni 23	8 42	+ 6,314	Juni 23	20 26	+ 0,444
24	8 10	+ 6,748	24	19 59	+ 0,424
25	7 48	+ 7,165	25	20 11	+ 0,722
26	8 33	+ 7,910	26	22 49	+ 0,568
27	13 5	+ 8,586	27	21 59	+ 0,491
28	6 52	+ 8,950	28	20 47	+ 0,812
29	10 41	+ 9,891			

Hieraus folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
VII.*a*.	Juni 24	9 51	58 8,7	+ 0,433	0,9975605
VII.*b*.	25	8 45	56 59,6	+ 0,581	0,9975680
VII.*c*.	26	9 24	56 50,3	+ 0,646	0,9975695
VII.*d*.	27	9 21	57 15,2	+ 0,533	0,9975661
VII.*e*.	27	3 34	57 0,0	+ 0,565	0,9975678
VII.*f*.	28	10 12	56 47,6	+ 0,663	0,9975700

Versuch VII. *a*. 1826 Juni 24. $9^h\,51'$ Stz. Barometer 338,94 *L*. + 18°,2 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	8 44 45	517	8 59 37	1074	9 15 38	1540	9 29 4	2046	9 43 35
91	47 22	568	9 1 5	1114	16 47	1580	30 11	2057	43 54
102	47 41	608	2 14	1165	18 15	1631	31 39	2097	45 3
142	48 50	659	3 42	1205	19 24	1682	33 7	2137	46 12
182	49 59	699	4 51	1216	19 43	1722	34 16	2148	46 31
233	51 27	790	7 28	1256	20 52	1773	35 44	2188	47 40
								2239	49 8
								2279	50 17
125	8 48 20$\frac{2}{3}$	640$\frac{1}{6}$	9 3 9,5	1171$\frac{2}{3}$	9 18 26,5	1654$\frac{2}{3}$	9 32 19$\frac{5}{6}$	2148$\frac{7}{8}$	9 46 32,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2603	9 59 36	3069	10 13 0	3535	10 26 24	4052	10 41 16
2654	10 1 4	3080	13 19	3586	27 52	4063	41 35
2665	1 23	3120	14 28	3626	29 1	4092	42 25
2694	2 13	3171	15 56	3637	29 20	4103	42 44
2705	2 32	3211	17 5	3677	30 29	4143	43 53
2745	3 41	3262	18 33	3688	30 48	4154	44 12
				3728	31 57	4183	45 2
				3768	33 6	4194	45 21
						4234	46 30
						4245	46 49
2677$\frac{2}{3}$	10 1 44$\frac{5}{6}$	3152$\frac{1}{6}$	10 15 23,5	3655$\frac{5}{8}$	10 29 52$\frac{1}{8}$	4146,3	10 43 58,7

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″,72530916	Fehler
	h ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
150	8 49 2,7997	39,8	16,56	17,33	8 49 2,7957	−0,0040
650	9 3 26,4656	34,8			9 3 26,4609	−0,0053
1160	17 49,1181	30,7	16,62	17,34	17 49,1235	+0,0054
1650	32 11,7818	27,2			32 11,7849	+0,0031
2150	46 34,4411	24,2	16,67	17,37	46 34,4449	+0,0038
2650	10 0 57,0994	21,8			10 0 57,1040	+0,0046
3150	15 19,7618	19,4	16,71	17,40	15 19,7622	+0,0004
3650	29 42,4201	17,4			29 42,4199	−0,0002
4150	44 5,0837	15,6	16,71	17,41	44 5,0770	−0,0067

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	9,541	16,50	16,68	17,10	16,55	17,33
E.	9,495	16,74	16,92	17,30	16,71	17,41
M.	9,518	16,62	16,80	17,20	16,63	17,37

Gemessene Länge	*F*—0,8585
Temperatur von *F* = 16°,74	+0,0906
Toise, Temperatur = 17°,04	864,0070
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ...	= *F* + 863,2433

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72530916 Uhrz = 1″,7211002 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels	1305,^{L}7612 + 2,9621 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,1955 — 0,0005 ε — 0,1954 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel	+ 0,2393
——— auf *F*	— 863,2433
Resultat des Versuchs	*F* = 442,5617 + 2,9616 ε — 0,1954 *k*

Versuch VII. *b*. 1826 Juni 25. $8^h\,45'$ Stz. Barometer 339,24 *L*. + 18°,5 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2	7 40 27	570	7 56 47	1036	8 10 11	1513	8 23 54	2030	8 38 46
53	41 55	581	57 6	1047	10 30	1524	24 13	2070	39 55
93	43 4	621	58 15	1098	11 58	1604	26 31	2110	41 4
144	44 32	661	59 24	1109	12 17	1644	27 40	2121	41 23
184	45 41	672	59 43	1138	13 7	1655	27 59	2161	42 32
195	46 0			1178	14 16	1695	29 8	2172	42 51
								2212	44 0
$111\frac{5}{6}$	7 43 36,5	621	7 58 15	1101	8 12 $3\frac{1}{6}$	$1605\frac{5}{6}$	8 26 $34\frac{1}{6}$	$2125\frac{1}{7}$	8 41 $30\frac{1}{7}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2507	8 52 29	3002	9 6 43	3519	9 21 35	4025	9 36 8
2536	53 19	3053	8 11	3559	22 44	4036	36 27
2576	54 28	3064	8 30	3570	23 3	4076	37 36
2587	54 47	3093	9 20	3610	24 12	4087	37 55
2627	55 56	3104	9 39	3621	24 31	4116	38 45
2638	56 15	3144	10 48	3650	25 21	4127	39 4
2678	57 24	3155	11 7	3661	25 40	4167	40 13
2689	57 43	3195	12 6	3701	26 49	4207	41 22
				3741	27 58	4218	41 41
				3752	28 17	4229	42 0
$2604\frac{3}{4}$	8 55 $17\frac{5}{8}$	$3101\frac{1}{4}$	9 9 $34\frac{1}{4}$	3638,4	9 25 1	4128,8	9 39 7,1

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	*t*′	*t*‴	Rechnung 1″,72531890	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
110	7 43 33,3369	38,8	16,66	17,49	7 43 33,3492	+0,0123
610	57 56,0213	34,0			57 56,0188	−0,0025
1110	8 12 18,6947	30,2	16,72	17,58	8 12 18,6861	−0,0086
1610	26 41,3556	26,9			26 41,3519	−0,0037
2110	41 4,0164	24,0	16,78	17,67	41 4,0164	0,0000
2610	55 26,6830	21,4			55 26,6801	−0,0029
3110	9 9 49,3467	19,2	16,83	17,76	9 9 49,3430	−0,0037
3610	24 12,0006	17,2			24 12,0056	+0,0050
4110	38 34,6638	15,4	16,92	17,85	38 34,6678	+0,0040

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e*′	*e*″	*e*‴	*t*′	*t*‴
	R	°	°	°	°	°
A.	9,386	16,69	16,92	17,40	16,66	17,47
E.	9,361	16,94	17,21	17,64	16,94	17,87
M.	9,3735	16,815	17,065	17,52	16,80	17,67

Gemessene Länge	*F* — 0,8455
Temperatur von *F* = 16°,98	+ 0,0919
Toise, Temperatur = 17,33	864,0098
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0042
Länge des Pendels ...	= *F* + 863,2604

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72531890 Uhrz. = 1″,7211229 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels............ $1305^L,7956 + 2,9622\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum $-\,0,1955 - 0,0005\,\varepsilon - 0,1955\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel............ + 0,2393
——— auf *F* − 863,2604

Resultat des Versuchs $F = 442,5790 + 2,9617\,\varepsilon - 0,1955\,k$

Versuch VII. c. 1826 Juni 26. 9^h 24′ Stz. Barometer 337,62 *L.* + 20°,3 *C*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1,″00354244	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	8 32 24,5	13,3	18,05	18,70	8 32 24,5019	+ 0,0019
562	41 48,5	12,5			41 48,4996	— 0,0004
1125	51 13,5	11,8	18,16	18,73	51 13,5005	+ 0,0005
1688	9 0 38,5	11,1			9 0 38,5007	+ 0,0007
2251	10 3,5	10,5	18,21	18,75	10 3,5004	+ 0,0004
2814	19 28,5	9,8			19 28,4996	— 0,0004
3377	28 53,5	9,2	18,29	18,79	28 53,4984	— 0,0016
3940	38 18,5	8,7			38 18,4968	— 0,0032
4504	47 44,5	8,2	18,32	18,83	47 44,4984	— 0,0016
5068	57 10,5	7,7			57 10,4998	— 0,0002
5633	10 6 37,5	7,3	18,32	18,89	10 6 37,5045	+ 0,0045

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,724	17,86	18,18	18,78	17,88	18,36
Ende ...	9,753	18,29	18,57	19,23	18,35	18,91
Mittel..	9,7385	18,075	18,375	19,005	18,115	18,635

Gemessene Länge *F* — 0,8784
Temperatur von *F* = 18°,27 + 0,0989
Elasticität des Fadens + 0,0014
Länge des Pendels = *F* — 0,7781

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00354244 Uhrz. = 1″,0011033 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels $441,^L7832$ + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0655 — 0,0001 ε — 0,0655 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0395
——— auf *F* + 0,7781

Resultat des Versuchs *F* = 442,4563 + 1,0021 ε — 0,0655 *k*

Versuch VII. *d.* 1826 Juni 27. $9^h\ 21'$ Stz. Barometer 337,57 *L.* + 20°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	*l'*	*l''*	Rechnung 1″,00355299	Fehler
	° ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	8 29 7,5	11,3	18,54	19,13	8 29 7,4977	— 0,0023
562	38 31,5	10,5			38 31,4994	— 0,0006
1124	47 55,5	9,8	18,54	19,16	47 55,5005	+ 0,0005
1686	57 19,5	9,3			57 19,5012	+ 0,0012
2248	9 6 43,5	8,8	18,54	19,18	9 6 43,5015	+ 0,0015
2810	16 7,5	8,3			16 7,5013	+ 0,0013
3372	25 31,5	7,8	18,54	19,26	25 31,5009	+ 0,0009
3934	34 55,5	7,2			34 55,5002	+ 0,0002
4496	44 19,5	6,8	18,57	19,26	44 19,4992	— 0,0008
5058	53 43,5	6,4			53 43,4980	— 0,0020
5621	10 3 8,5	6,1	18,60	19,29	10 3 8,5002	+ 0,0002

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*e'*	*e''*	*e'''*	*l'*	*l''*
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	9,762	18,63	18,91	19,48	18,51	19,08
Ende ...	9,764	18,73	19,01	19,57	18,60	19,29
Mittel ..	9,763	18,68	18,96	19,525	18,555	19,185

Gemessene Länge = *F* — 0,8806
Temperatur von *F* = 18°,86 + 0,1021
Elasticität des Fadens + 0,0014
Länge des Pendels = *F* — 0,7771

Beobachtete Schwingungszeit = 1″, 00355299 Uhrz. = 1″, 0011104 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,7895 + 1,0022 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0, 0654 — 0,0001 ε — 0,0654 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0, 0395
——— auf *F* + 0, 7771
Resultat des Versuchs *F* = 442, 4617 + 1,0021 ε — 0,0654 *k*

Versuch VII. *e*. 1826 Juni 27. $3^h\,34'$ Stz. Barometer 340,39 *L*. + 19°,0 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	2 29 18	477	2 43 1	1023	2 58 43	1500	3 12 26	1977	3 26 9
40	30 27	517	44 10	1034	59 2	1540	13 35	2017	27 18
51	30 46	557	45 19	1074	3 0 11	1551	13 54	2068	28 46
91	31 55	568	45 38	1085	0 30	1591	15 3	2108	29 55
102	32 14	608	46 47	1125	1 39	1602	15 22	2119	30 14
142	33 23	619	47 6	1136	1 58	1642	16 31	2159	31 23
		659	48 15						
		670	48 34						
71	2 31 20,5	$584\frac{3}{8}$	2 46 $6\frac{1}{4}$	$1079\frac{1}{2}$	3 0 20,5	1571	3 14 28,5	$2074\frac{2}{3}$	3 28 57,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2483	3 40 42	2960	3 54 25	3466	4 8 58	3972	4 23 31
2494	41 1	3000	55 34	3506	10 7	3983	23 50
2534	42 10	3040	56 43	3517	10 26	3994	24 9
2574	43 19	3051	57 2	3528	10 45	4023	24 59
2585	43 38	3091	58 11	3557	11 35	4034	25 18
2625	44 47	3102	58 30	3568	11 54	4074	26 27
2636	45 6	3142	59 39	3608	13 3	4085	26 46
2676	46 15	3153	59 58	3619	13 22	4125	27 55
				3659	14 31	4136	28 14
				3670	14 50	4165	29 4
$2575\frac{7}{8}$	3 43 $22\frac{1}{4}$	$3067\frac{3}{8}$	3 57 $30\frac{1}{4}$	3569,8	4 11 57,1	4059,1	4 26 1,3

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72532280	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
70	2 31 18,7747	38,7	17,93	19,31	2 31 18,7719	−0,0028
570	45 41,4484	34,3			45 41,4439	−0,0045
1070	3 0 4,1093	29,9	18,00	19,35	3 0 4,1136	+0,0043
1570	14 26,7747	26,4			14 26,7814	+0,0067
2070	28 49,4484	23,5	18,03	19,35	28 49,4479	−0,0005
2570	43 12,1137	21,1			43 12,1134	−0,0003
3070	57 34,7790	18,9	18,06	19,37	57 34,7782	−0,0008
3570	4 11 57,4450	16,8			4 11 57,4424	−0,0026
4070	26 20,1061	15,2	18,11	19,37	26 20,1062	+0,0001

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	n	°	°	°	°	°
A.	9,496	18,05	18,42	19,30	17,91	19,29
E.	9,503	18,29	18,57	19,45	18,13	19,37
M.	9,4995	18,17	18,495	19,155	18,02	19,33

Gemessene Länge	*F*—0,8569
Temperatur von *F* = 18°,38	+0,0995
Toise, Temperatur = 18,88	864,0251
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels . .	= *F* + 863,2719

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72532280 Uhrz. = 1″,7211265 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,8011 + 2{,}9622\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum . — 0, 1954 — $0{,}0005\,\varepsilon$ — $0{,}1953\,k$

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2394

——— auf *F* . — 863, 2719

Resultat des Versuchs $F = 442{,}5732 + 2{,}9617\,\varepsilon - 0{,}1953\,k$

Versuch VII. *f.* 1826 Juni 28. $10^h\ 12'$ Stz. Barometer 340,61 *L.* + 20°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	9 5 39	506	9 20 12	1023	9 35 4	1500	9 48 47	2006	10 3 20
40	6 48	517	20 31	1034	35 23	1540	49 56	2017	3 39
80	7 57	568	21 59	1074	36 32	1551	50 15	2068	5 7
91	8 16	608	23 8	1085	36 51	1591	51 24	2079	5 26
182	10 53	648	24 17	1125	38 0	1602	51 43	2108	6 16
222	12 2	659	24 36	1165	39 9	1642	52 52	2148	7 25
		699	25 45	1176	39 28	1682	54 1	2159	7 44
		710	26 4	1216	40 37	1693	54 20	2199	8 53
$102\frac{1}{2}$	9 8 $35\frac{5}{6}$	$614\frac{3}{8}$	9 23 19	$1112\frac{1}{4}$	9 37 38	$1600\frac{1}{8}$	9 51 $39\frac{3}{4}$	2098	10 5 $58\frac{3}{4}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2523	10 18 12	3000	10 31 55	3506	10 46 28	3994	11 0 30
2534	18 31	3011	32 14	3517	46 47	4023	1 20
2574	19 40	3040	33 4	3557	47 56	4034	1 39
2585	19 59	3051	33 23	3597	49 5	4063	2 29
2614	20 49	3091	34 32	3608	49 24	4074	2 48
2625	21 8	3131	35 41	3619	49 43	4085	3 7
2665	22 17	3142	36 0	3648	50 33	4125	4 16
2676	22 36	3182	37 9	3659	50 52	4165	5 25
				3699	52 1	4176	5 45
				3710	52 20	4216	6 53
$2599\frac{1}{2}$	10 20 24	3081	10 34 $14\frac{3}{4}$	3612	10 49 30,9	4095,5	11 3 25,1

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72532366	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	9 8 31,5200	38,7	18,69	19,87	9 8 31,5224	+0,0024
600	22 54,1984	34,1			22 54,1948	−0,0036
1100	37 16,8647	30,0	18,78	19,90	37 16,8648	+0,0001
1600	51 39,5343	26,6			51 39,5331	−0,0012
2100	10 6 2,2007	23,6	18,82	19,98	10 6 2,2002	−0,0005
2600	20 24,8627	21,2			20 24,8665	+0,0038
3100	34 47,5313	19,0	18,84	20,02	34 47,5320	+0,0007
3600	49 10,1960	16,9			49 10,1969	+0,0009
4100	11 3 82,8640	15,3	18,87	20,06	11 3 32,8615	−0,0025

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
A.	9,483	18,68	19,06	19,67	18,57	19,83
E.	9,475	18,88	19,31	19,87	18,91	20,07
M.	9,479	18,78	19,185	19,77	18,74	19,95

Gemessene Länge	*F*—0,8550
Temperatur von *F* = 19°, 04	+0,1031
Toise, Temperatur = 19°, 53	864,0315
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ...	= *F* + 863,2838

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72532366 Uhrz. = 1″,7211311 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}8081 + 2,9622 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0, 1949 — 0,0005 ε — 0,1949 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2394
——— auf *F* — 863, 2838

Resultat des Versuchs *F* = 442, 5688 + 2,9617 ε — 0,1949 *k*

8te Bestimmung.

Entfernung des Schwerpunkts der oberen Klemme vom Aufhängepunkte = 14,70 *L*.

Vergleichungen der beiden Uhren

		R	*P*
		h ′ ″	h ′ ″
1	Juni 29	6 32 30	6 26 16
2	30	8 26 30	8 20 14
3		11 16 30	10 10 11
4		13 9 30	13 3 9
5		1 33 30	1 26 56
6		2 31 30	2 24 55
7		5 22 0	5 15 22
8		6 18 30	6 11 51
9	Juli 1	2 22 0	2 15 0
10		3 19 30	3 12 29
11		4 17 0	4 9 58
12		5 14 0	5 6 57
13		6 11 0	6 3 56
14	3	6 46 0	6 38 30
15		9 37 30	9 29 57
16		10 34 0	10 26 26
17		13 26 30	13 18 53
18		6 46 0	6 38 5
19	4	8 41 30	8 33 33
20		11 30 0	11 22 0
21		13 23 0	13 14 58
22		3 30 30	3 22 13
23		4 27 30	4 19 12
24	5	7 14 30	7 6 9
25		8 11 0	8 2 38

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

		h ′	′ ″
1 bis 4	Juni 30	9 52	56 42,4
5 - 8	30	3 57	56 57,4
9 - 13	Juli 1	4 17	57 15,0
14 - 17	3	10 6	57 12,0
18 - 21	4	10 6	56 37,8
22 - 25	4	5 51	56 0,9

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

	St. Z.	Verbesserung
	h ′	″
Juni 29	10 41	+ 9,891
30	10 23	+10,774
30	6 14	+11,558
Juli 2	9 30	+12,463
2	6 19	+13,230
4	10 0	+14,398
5	9 47	+15,253
6	16 24	+16,510

		Tägliche Veränderung
	h ′	″
Juni 29	22 32	+ 0,894
30	20 19	+ 0,948
Juli 1	19 52	+ 0,797
2	19 55	+ 0,884
3	20 10	+ 1,013
4	21 54	+ 0,863
5	1 6	+ 0,985

Hieraus folgt für die Zeiten der Versuche:

Versuch		St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
		h ′	′ ″	″	″
VIII.*a*.	Juni 30	9 53	56 42,4	+ 0,922	0,9975734
VIII.*b*.	30	3 59	56 57,4	+ 0,899	0,9975719
VIII.*c*.	Juli 1	4 24	57 15,0	+ 0,828	0,9975695
VIII.*d*.	3	10 10	57 12,0	+ 0,960	0,9975713
VIII.*e*.	4	10 8	56 37,8	+ 0,932	0,9975739
VIII.*f*.	4	5 45	56 0,9	+ 0,898	0,9975768

Versuch VIII. *a.* 1826 Juni 30. $9^h\,53'$ Stz. Barometer 340,29 *L.* + 22°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	8 45 55	535	9 1 18	1008	9 14 54	1503	9 29 8	1987	9 43 3
51	47 23	575	2 27	1019	15 13	1514	29 27	1998	43 22
91	48 32	586	2 46	1059	16 22	1543	30 17	2038	44 31
131	49 41	626	3 55	1070	16 41	1554	30 36	2078	45 40
142	50 0	666	5 4	1110	17 50	1594	31 45	2118	46 49
182	51 9			1150	18 59	1634	32 54	2129	47 8
				1201	20 27	1685	34 22	2169	48 17
						1725	35 31		
$99\frac{1}{2}$	8 48 $46\frac{2}{3}$	597,6	9 3 6	$1088\frac{1}{7}$	9 17 $12\frac{2}{7}$	1594	9 31 45	$2073\frac{6}{7}$	9 45 $32\frac{6}{7}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2522	9 58 26	3006	10 12 21	3490	10 26 16	3985	10 40 30
2562	59 35	3017	12 40	3530	27 25	4025	41 39
2573	59 54	3046	13 30	3541	27 44	4065	42 48
2613	10 1 3	3057	13 49	3581	28 53	4076	43 7
2653	2 12	3086	14 39	3592	29 12	4105	43 57
2693	3 21	3097	14 58	3621	30 2	4116	44 16
2704	3 40	3137	16 7	3632	30 21	4145	45 6
2744	4 49	3177	17 16	3661	31 11	4156	45 25
		3188	17 35	3672	31 30	4167	45 44
				3712	32 39	4196	46 34
2633	10 1 37,5	$3090\frac{1}{9}$	10 14 $46\frac{1}{9}$	3603,2	10 29 31,3	4103,6	10 43 54,6

	Reducirte Mittel der Beobb.	Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72520350	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	8 48 47,5293	39,3	19,66	21,13	8 48 47,5247	−0,0046
600	9 3 10,1405	34,7			9 3 10,1367	−0,0038
1100	17 32,7418	30,2	19,81	21,29	17 32,7466	+0,0048
1600	31 55,3513	27,0			31 55,3548	+0,0035
2100	46 17,9591	24,1	19,93	21,41	46 17,9619	+0,0028
2600	10 0 40,5679	21,5			10 0 40,5682	+0,0003
3100	15 3,1716	19,3	19,98	21,49	15 3,1740	+0,0024
3600	29 25,7793	17,3			29 25,7791	−0,0002
4100	43 48,3892	15,5	20,00	21,56	43 48,3839	−0,0053

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	11,735	19,71	20,19	20,86	19,60	21,12
E.	11,720	20,05	23,44	21,26	20,06	21,64
M.	11,7275	19,88	20,315	21,06	19,83	21,38

Gemessene Länge	*F* — 1,0578
Temperatur von *F* = 20°,16 .	+ 0,1091
Toise, Temperatur = 20,75 .	864,0435
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels . .	= *F* + 863,0990

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72520350 Uhrz. = 1″,7210171 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,6351 + 2,9619\,\varepsilon$

Reduction auf den leeren Raum . — 0, 1940 — $0,0005\,\varepsilon$ — $0,1939\,k$

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2385

——— auf *F* . — 863, 0990

Resultat des Versuchs *F* = 442, 5806 + $2,9614\,\varepsilon$ — $0,1939\,k$

Versuch VIII. *b*. 1826 Juni 30. $3^h 59'$ Stz. Barometer 341,45 *L*. + 22°,0 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	2 52 20	535	3 7 43	1008	3 21 19	1503	3 35 33	1987	3 49 28
40	53 29	575	8 52	1019	21 38	1583	37 51	2027	50 37
51	53 48	615	10 1	1059	22 47	1594	38 10	2038	50 56
131	56 6	626	10 20	1150	25 24	1634	39 19	2078	52 5
171	57 15	666	11 29	1190	26 33	1725	41 56	2089	52 24
182	57 34			1201	26 52	1765	43 5	2169	54 42
$95\frac{5}{6}$	2 55 $5\frac{1}{3}$	603,4	3 9 41	$1104\frac{1}{2}$	3 24 5,5	1634	3 39 19	$2064\frac{2}{3}$	3 51 42

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2482	4 3 42	2995	4 18 27	3490	4 32 41	3985	4 46 55
2522	4 51	3006	18 46	3519	33 31	4014	47 45
2551	5 41	3046	19 55	3530	33 50	4025	48 4
2562	6 0	3086	21 4	3570	34 59	4065	49 13
2602	7 9	3097	21 23	3581	35 18	4076	49 32
2613	7 28	3137	22 32	3621	36 27	4105	50 22
2653	8 37	3177	23 41	3632	36 46	4116	50 41
2693	9 46	3188	24 0	3661	37 36	4145	51 31
				3672	37 55	4156	51 50
				3701	38 45	4196	52 59
$2584\frac{3}{4}$	4 6 $39\frac{1}{4}$	$3091\frac{1}{2}$	4 21 13,5	3597,7	4 35 46,8	4088,3	4 49 53,2

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72520352	Fehler
	h ′ ″	μ	*l*′ °	*l*‴ °	h ′ ″	″
100	2 55 12,5217	39,2	20,02	21,43	2 55 12,5177	−0,0040
600	3 9 35,1343	34,2			3 9 35,1302	−0,0041
1100	23 57,7365	30,3	20,05	21,46	23 57,7403	+0,0038
1600	38 20,3427	27,0			38 20,3486	+0,0059
2100	52 42,9576	23,9	20,09	21,50	52 42,9557	−0,0019
2600	4 7 5,5595	21,4			4 7 5,5617	+0,0022
3100	21 28,1643	19,3	20,12	21,57	21 28,1671	+0,0028
3600	35 50,7680	17,2			35 50,7720	+0,0040
4100	50 13,3850	15,5	20,15	21,64	50 13,3764	−0,0086

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e*′	*e*″	*e*‴	*l*′	*l*‴
	R	°	°	°	°	°
A.	11,789	19,95	20,39	21,16	19,98	21,38
E.	11,781	20,25	20,68	21,46	20,14	21,67
M.	11,785	20,10	20,535	21,31	20,06	21,525

Gemessene Länge	*F* − 1,0630
Temperatur von *F* = 20°,38	+ 0,1103
Toise, Temperatur = 20,99	864,0459
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels ...	= *F* + 863,0974

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72520352 Uhrz = 1″,7210146 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^{L},6313$ + 2,9619 ε

Reduction auf den leeren Raum − 0,1946 − 0,0005 ε − 0,1945 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2385

——— auf *F* − 863,0974

Resultat des Versuchs *F* = 442,5778 + 2,9614 ε − 0,1945 *k*

Versuch VIII. *c.* 1826 Juli 1. 4h 24′ Stz. Barometer 340,93 *L.* + 22°,8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	T'	T''	Rechnung 1″,00332730	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	3 26 56,5	12,5	20,67	21,51	3 26 56,4998	— 0,0002
600	36 58,5	11,7			36 58,5024	+ 0,0024
1199	46 59,5	10,9	20,70	21,54	46 59,5009	+ 0,0009
1798	57 0,5	10,2			57 0,4987	— 0,0013
2398	4 7 2,5	9,6	20,75	21,59	4 7 2,4992	— 0,0008
2998	17 4,5	9,0			17 4,4994	— 0,0006
3598	27 6,5	8,5	20,81	21,62	27 6,4992	— 0,0008
4198	37 8,5	8,0			37 8,4987	— 0,0013
4798	47 10,5	7,6	20,94	21,67	47 10,4981	— 0,0019
5399	57 13,5	7,2			57 13,5005	+ 0,0005
5999	5 7 15,5	6,8	21,00	21,72	5 7 15,5029	+ 0,0029

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	T'	T''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,044	20,78	21,33	22,05	20,64	21,49
Ende ...	12,040	20,98	21,47	22,30	21,00	21,77
Mittel..	12,042	20,88	21,40	22,175	20,82	21,63

Gemessene Länge	$= F$ — 1,0862
Temperatur von $F = 21°,22$	+ 0,1149
Elasticität des Fadens................	+ 0,0014
Länge des Pendels	$= F$ — 0,9699

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00332730 Uhrz........... = 1″,0008887 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels............. 441,^{L}5938 + 1,0018 ε
Reduction auf den leeren Raum......................... — 0,0655 — 0,0001 ε — 0,0655 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0403
——— auf *F* + 0,9699
Resultat des Versuchs......... *F* = 442,4579 + 1,0017 ε — 0,0655 *k*

Versuch VIII. *d.* 1826 Juli 3. 10^h $10'$ Stz. Barometer 339,77 *L.* + 24°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l''	Rechnung 1'',00332588	Fehler
	h ' ''		°	°	h ' ''	''
0	9 11 59,5	11,8	22,40	23,32	9 11 59,4957	— 0,0043
601	22 2,5	11,1			22 2,5003	+ 0,0003
1201	32 4,5	10,4	22,46	23,32	32 4,5009	+ 0,0009
1801	42 6,5	9,8			42 6,5010	+ 0,0010
2401	52 8,5	9,2	22,46	23,38	52 8,5007	+ 0,0007
3002	10 2 11,5	8,7			10 2 11,5032	+ 0,0032
3602	12 13,5	8,2	22,46	23,38	12 13,5020	+ 0,0020
4202	22 15,5	7,7			22 15,5005	+ 0,0005
4802	32 17,5	7,3	22,48	23,40	32 17,4986	— 0,0014
5403	42 20,5	6,8			42 20,4998	— 0,0002
6003	52 22,5	6,4	22,51	23,43	52 22,4975	— 0,0025

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	12,069	22,40	23,19	23,88	22,40	23,32
Ende ...	12,067	22,60	23,33	24,03	22,51	23,43
Mittel ..	12,068	22,50	23,26	23,955	22,455	23,375

Gemessene Länge	*F* — 1,0885
Temperatur von *F* = 22°,99	+ 0,1244
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 0,9627

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00332588 Uhrz.	= 1'',0008891 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,^L^5942 + 1,0018 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,0649 — 0,0001 ε — 0,0649 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel	— 0,0403
——— auf *F*	+ 0,9627
Resultat des Versuchs	*F* = 442,4517 + 1,0017 ε — 0,0649 *k*

Versuch VIII. *e.* 1826 Juli 4. 10ʰ 8′ Stz. Barometer 340,52 *L.* + 23°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	9 0 19	506	9 14 52	1019	9 29 37	1514	9 43 51	2020	9 58 24
11	0 38	575	16 51	1030	29 56	1525	44 10	2038	58 55
62	2 6	626	18 19	1070	31 5	1565	45 19	2049	59 14
102	3 15	637	18 38	1081	31 24	1576	45 38	2089	10 0 23
131	4 5	688	20 6	1132	32 52	1645	47 37	2100	0 42
182	5 33			1201	34 51	1707	49 24	2140	1 51
								2151	2 10
								2169	2 41
81⅓	9 2 39⅓	606,4	9 17 45,2	1088⅚	9 31 37,5	1588⅔	9 45 59⅚	2094½	10 0 32,5

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2533	10 13 9	2977	10 25 55	3483	10 40 28	3996	10 55 13
2544	13 28	2988	26 14	3501	40 59	4007	55 32
2584	14 37	3028	27 23	3552	42 27	4025	56 3
2595	14 56	3039	27 42	3563	42 46	4047	56 41
2613	15 27	3057	28 13	3603	43 55	4058	57 0
2624	15 46	3108	29 41	3614	44 14	4087	57 50
2664	16 55	3119	30 0	3665	45 42	4098	58 9
2675	17 14	3159	31 9	3683	46 13	4127	58 59
		3170	31 28	3694	46 32	4138	59 18
						4189	11 0 46
2604	10 15 11,5	3071⅔	10 28 38⅓	3595⅓	10 43 41⁷⁄₉	4077,2	10 57 33,1

	Reducirte Mittel der Beobb.	Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72521338	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
90	9 2 54,2852	39,0	21,64	23,13	9 2 54,2848	−0,0004
590	17 16,9063	34,1			17 16,9019	−0,0044
1090	31 39,5128	30,1	21,70	23,22	31 39,5166	+0,0038
1590	46 2,1336	26,8			46 2,1296	−0,0040
2090	10 0 24,7365	23,7	21,75	23,31	10 0 24,7414	+0,0049
2590	14 47,3469	21,3			14 47,3522	+0,0053
3090	29 9,9624	19,2	21,80	23,40	29 9,9625	+0,0001
3590	43 32,5766	17,2			43 32,5723	−0,0043
4090	57 55,1829	15,4	21,85	23,48	57 55,1818	−0,0011

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
A.	11,808	21,76	22,36	23,19	21,63	23,11
E.	11,775	21,96	22,60	23,34	21,85	23,54
M.	11,7915	21,86	22,48	23,265	21,74	23,325

Gemessene Länge	*F*—1,0636
Temperatur von *F* = 22°,26	+0,1205
Toise, Temperatur = 22°,94	864,0648
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels . . .	= *F* + 863,1259

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72521338 Uhrz. = 1″,7210279 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,ᴸ6515 + 2,9619 ε

Reduction auf den leeren Raum . — 0,1928 — 0,0005 ε — 0,1928 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2385

——— auf *F* . — 863,1259

Resultat des Versuchs *F* = 442,5713 + 2,9614 ε — 0,1928 *k*

Versuch VIII. *f.* 1826 Juli 4. $5^h\,45'$ Stz. Barometer 340,43 *L.* + 23,°6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	4 36 45	455	4 49 50	979	5 4 54	1463	5 18 49	1958	5 33 3
11	37 4	495	50 59	990	5 13	1474	19 8	1969	33 22
51	38 13	506	51 18	1030	6 22	1514	20 17	1998	34 12
142	40 50	557	52 46	1070	7 31	1565	21 45	2009	34 31
182	41 59	626	54 45	1161	10 8	1605	22 54	2038	35 21
193	42 18	637	55 4	1201	11 17	1645	24 3	2049	35 40
								2089	36 49
								2169	39 7
$96\frac{1}{2}$	4 39 31,5	546	4 52 27	$1071\frac{5}{6}$	5 7 $34\frac{1}{6}$	$1544\frac{1}{3}$	5 21 $9\frac{1}{3}$	$2034\frac{7}{8}$	5 35 $15\frac{5}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2482	5 48 7	2966	6 2 2	3461	6 16 16	3945	6 30 11
2493	48 26	3006	3 11	3501	17 25	3956	30 30
2522	49 16	3017	3 30	3512	17 44	4025	32 29
2533	49 35	3057	4 39	3541	18 34	4036	32 48
2562	50 25	3068	4 58	3552	18 53	4076	33 57
2573	50 44	3097	5 48	3581	19 43	4087	34 16
2613	51 53	3108	6 7	3592	20 2	4127	35 25
2624	52 12	3148	7 16	3632	21 11	4156	36 15
2664	53 21	3188	8 25	3643	21 30	4167	36 34
		3199	8 44	3683	22 39	4207	37 43
$2562\frac{8}{9}$	5 50 $26\frac{5}{9}$	3085,4	6 5 28	3569,8	6 19 23,7	4078,2	6 34 0,8

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72520492	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
70	4 38 45,7816	39,7	21,56	23,15	4 38 45,7830	+0,0014
570	53 8,4054	34,9			53 8,3961	−0,0093
1070	5 7 31,0038	30,8	21,64	23,24	5 7 31,0068	+0,0030
1570	21 53,6140	27,2			21 53,6158	+0,0018
2070	36 16,2235	24,3	21,71	23,32	36 16,2236	+0,0001
2570	50 38,8239	21,7			50 38,8304	+0,0065
3070	6 5 1,4316	19,4	21,78	23,40	6 5 1,4366	+0,0050
3570	19 24,0450	17,4			19 24,0422	−0,0028
4070	33 46,6532	15,6	21,86	23,49	33 46,6476	−0,0056

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
A.	11,815	21,67	22,16	23,04	21,52	23,11
E.	11,805	22,01	22,55	23,34	21,90	23,54
M.	11,810	21,84	22,355	23,19	21,71	23,325

Gemessene Länge	*F* — 1,0653
Temperatur von *F* = 22°,17 .	+ 0,1200
Toise, Temperatur = 22°,85 .	864,0642
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels . . .	= *F* + 863,1231

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72520492 Uhrz. = 1″,7210244 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,6462$ + 2,9619 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0,1928 — 0,0005 ε — 0,1927 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2385
——— auf *F* . — 863,1231

Resultat des Versuchs *F* = 442,5688 + 2,9614 ε — 0,1927 *k*

II.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Messing und drei verschiedenen Aufhängungsarten.

Vergleichung der beiden Uhren

		R h	R ′	R ″	P h	P ′	P ″
1	März 30	20	15	43	20	15	43
2		21	8	0	21	8	42
3		22	0	30	22	1	11
4		23	45	0	23	45	39
5		0	38	0	0	38	38
6	April 1	1	30	0	1	30	37
7		2	22	30	2	23	6
8		20	47	30	20	47	45
9		21	41	0	21	41	14
10		0	18	30	0	18	41
11	2	1	10	30	1	10	40
12		2	57	0	2	57	8
13		3	49	0	3	49	7
14		4	42	0	4	42	6
15		6	26	0	6	26	4
16		20	30	0	20	29	48
17		21	23	0	21	22	47
18		22	15	0	22	14	46
19		23	7	30	23	7	15
20		0	0	30	0	0	14
21		0	53	0	0	52	43
22	3	1	46	0	1	45	42
23		2	38	0	2	37	41
24		3	29	30	3	29	10
25		4	21	30	4	21	9
26		5	15	0	5	14	38
27		19	12	0	19	11	22
28		20	4	0	20	3	21
29		22	42	30	22	41	48
30		23	34	30	23	33	47
31	4	1	18	30	1	17	45
32		2	11	0	2	10	14
33		5	39	30	5	38	40
34		6	31	0	6	30	9
35		20	27	30	20	26	23
36		21	21	30	21	20	22
37		23	56	0	23	54	49
38		0	50	0	0	48	48
39	5	3	25	0	3	23	45
40		5	58	0	5	56	42
41		6	49	30	6	48	11
42		20	46	30	20	44	55
43		21	39	30	21	37	54
44		0	15	30	0	13	51
45		1	7	0	1	5	20
46	6	3	42	30	3	40	47
47		6	17	0	6	15	14
48		7	9	30	7	7	43
49	8	20	58	0	20	55	2
50		21	50	30	21	47	31
51	April 8	22	43	0	22	40	0
52		23	34	30	23	31	29
53		0	26	0	0	23	58
54		1	18	30	1	15	27
55	9	3	2	0	2	58	55
56		3	53	30	3	50	24
57		5	40	30	5	37	22
58		20	42	30	20	39	5
59		21	36	0	21	32	34
60		23	22	0	23	18	32
61		0	15	0	0	11	31
62	10	20	21	0	20	17	8
63		21	13	30	21	9	37
64		23	51	0	23	47	4
65		0	43	0	0	39	3
66	11	1	35	0	1	31	2
67		2	28	0	2	24	1
68		5	2	30	4	58	28
69		7	38	30	7	34	25
70		8	29	30	8	25	24
71		19	54	0	19	49	41
72		20	49	0	20	44	40
73		21	42	30	21	38	9
74		23	28	0	23	23	37
75		0	20	0	0	15	36
76		1	13	0	1	8	35

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.

1 bis 5	März 31	22h 29′	52′ 31″,4
4 - 7	April 1	1 4	52 21,0
8 - 11		23 0	52 29,1
11 - 15	2	3 49	52 34,5
16 - 21		22 41	52 30,3
20 - 26	3	2 38	52 17,1
27 - 30		21 23	52 35,3
31 - 34	4	3 55	52 5,8
35 - 38		22 39	52 14,1
37 - 41	5	3 25	51 33,6
42 - 45		22 58	52 0,9
44 - 48	6	3 43	51 43,2
49 - 54	8	23 9	52 0,9
54 - 57	9	3 28	52 21,9
58 - 61		22 29	53 6,0
62 - 65	10	22 32	52 25,6
66 - 70	11	5 3	51 47,4
71 - 76		22 35	53 1,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

		St. Z.	Verbesserung
		h ′	″
März	30	12 13	— 3,450
	31	12 13	— 3,147
April	5	6 30	— 1,335
	6	8 26	— 0,786
	8	11 29	+ 0,400
	9	8 9	+ 0,944
	10	9 28	+ 1,696
	11	9 23	+ 2,246
	12	5 37	+ 2,818
	13	7 22	+ 3,417

			Tägliche Veränderung
		h ′	″
März	30	0 13	+ 0,303
April	2	21 22	+ 0,380
	5	19 28	+ 0,508
	7	9 58	+ 0,558
	8	21 49	+ 0,632
	9	20 49	+ 0,714
	10	21 26	+ 0,552
	11	19 30	+ 0,679
	12	18 30	+ 0,558

Hieraus und aus den Vergleichungen der beiden Uhren folgt, für die Zeiten der Versuche

Versuch			St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
			h ′	′ ″	″	″
IX. *a.*	März	31	22 10	52 32,7	+ 0,327	0,9975898
X. *a.*	April	1	0 56	52 21,5	+ 0,330	0,9975909
XI. *a.*		1	22 56	52 29,1	+ 0,355	0,9975904
IX. *b.*		2	3 54	52 34,5	+ 0,361	0,9975900
X. *b.*		2	22 31	52 30,3	+ 0,382	0,9975906
XI. *b.*		3	2 47	52 17,1	+ 0,390	0,9975921
IX. *c.*		3	21 24	52 35,3	+ 0,424	0,9975906
X. *c.*		4	3 59	52 5,8	+ 0,437	0,9975938
XI. *c.*		4	22 41	52 14,1	+ 0,470	0,9975933
IX. *d.*		5	3 27	51 33,6	+ 0,480	0,9975976
X. *d.*		5	23 0	52 0,9	+ 0,512	0,9975951
XI. *d.*		6	3 39	51 43,2	+ 0,519	0,9975970
IX. *e.*		8	23 12	52 0,9	+ 0,637	0,9975966
X. *e.*		9	3 37	52 21,9	+ 0,653	0,9975946
XI. *e.*		9	22 29	53 6,0	+ 0,703	0,9975908
IX. *f.*		10	22 31	52 25,6	+ 0,558	0,9975931
X. *f.*		11	5 3	51 47,4	+ 0,596	0,9975975
XI. *f.*		11	22 34	53 1,1	+ 0,663	0,9975908

Versuch IX. *a.* 1827 März 31. $22^h\ 10'$ Stz. Barometer 334,76 *L.* + 3°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
36	21 11 41	505	21 25 10	974	21 38 39	1494	21 53 36	2032	22 9 4
65	12 31	574	27 9	1003	39 29	1523	54 26	2043	9 23
94	13 21	585	27 28	1014	39 48	1534	54 45	2072	10 13
134	14 30	614	28 18	1054	40 57	1563	55 35	2083	10 32
174	15 39	654	29 27	1083	41 47	1603	56 44	2101	11 3
203	16 29	694	30 36	1094	42 6	1643	57 53	2112	11 22
				1134	43 15	1683	59 2	2152	12 31
				1163	44 5			2181	13 21
$117\frac{2}{3}$	21 14 $1\frac{5}{6}$	$604\frac{1}{3}$	21 28 $1\frac{1}{3}$	$1064\frac{7}{8}$	21 41 $15\frac{3}{4}$	$1577\frac{4}{7}$	21 56 $0\frac{1}{7}$	2097	22 10 $56\frac{1}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2501	22 22 33	2981	22 36 21	3501	22 51 18	3981	23 5 6
2512	22 52	2992	36 40	3541	52 27	3999	5 37
2541	23 42	3021	37 30	3570	53 17	4050	7 5
2552	24 1	3032	37 49	3581	53 36	4061	7 24
2581	24 51	3061	38 39	3621	54 45	4090	8 14
2592	25 10	3072	38 58	3650	55 35	4101	8 23
2621	26 0	3101	39 48	3661	55 54	4130	9 23
2632	26 19	3112	40 7	3701	57 3	4141	9 42
		3141	40 57			4159	10 13
		3181	42 6			4170	10 32
$2566\frac{1}{2}$	22 24 26	$3069\frac{2}{5}$	22 38 $53\frac{1}{2}$	$3603\frac{1}{4}$	22 54 $14\frac{3}{8}$	$4088\frac{1}{5}$	23 8 10,9

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″, 72496084	Fehler
	h ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
80	21 12 56,9594	40,4	3,83	3,91	21 12 56,9593	−0,0001
580	27 19,3595	35,0			27 19,3511	−0,0084
1080	41 41,8399	31,1	3,86	3,99	41 41,8403	+0,0004
1580	56 4,3321	27,4			56 4,3277	−0,0044
2080	22 10 26,8009	24,6	3,86	4,00	22 10 26,8136	+0,0127
2580	24 49,2868	22,1			24 49,2986	+0,0118
3080	39 11,7845	19,6	3,86	4,03	39 11,7826	−0,0019
3580	53 34,2699	17,6			53 34,2660	−0,0039
4080	23 7 56,7554	16,0	3,86	4,12	23 7 56,7489	−0,0065

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	13,520	3,92	3,94	4,13	3,83	3,91
E.	13,516	4,01	3,99	4,08	3,86	4,12
M.	13,518	3,965	3,965	4,105	3,845	4,015

Gemessene Länge *F*—1,2193
Temperatur von *F* = 3°,97 +0,0215
Toise, Temperatur = 4°,05 863,8791
Elasticität des Fadens +0,0042
Länge des Pendels .. = *F* + 862,6855

Beobachtete Schwingungszeit = 1″, 72496084 Uhrz = 1″,7208033 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305,^{L}3107 + 2,9611 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0, 2025 — 0,0005 ε — 0,2024 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2258
——— auf *F* — 862, 6855

Resultat des Versuchs *F* = 442, 6485 + 2,9606 ε — 0,2024 *k*

Versuch X. *a*. 1827 Apr. 1. $0^h 56'$ Stz. Barometer 334,75 *L*. $+4°,7$ *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	23 57 2	480	0 10 50	1000	0 25 47	1480	0 39 35	2000	0 54 32
29	57 52	520	11 59	1040	26 56	1520	40 44	2040	55 41
40	58 11	560	13 8	1080	28 5	1560	51 53	2051	56 0
80	59 20	600	14 17	1120	29 14	1571	42 12	2120	57 59
120	0 0 29	640	15 26	1160	30 23	1640	44 11	2160	59 8
160	1 38	680	16 35	1171	30 42	1680	45 20	2200	1 0 17
$71\frac{1}{2}$	23 59 $5\frac{1}{3}$	580	0 13 $42\frac{1}{2}$	$1095\frac{1}{6}$	0 28 $31\frac{1}{6}$	$1575\frac{1}{6}$	0 42 $19\frac{1}{6}$	$2095\frac{1}{6}$	0 57 $16\frac{1}{6}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2480	1 8 20	2971	1 22 27	3520	1 38 14	3982	1 51 31
2491	8 39	3011	23 36	3531	38 33	4000	52 2
2520	9 29	3040	24 26	3571	39 42	4011	52 21
2571	10 57	3051	24 45	3600	40 32	4051	53 30
2600	11 47	3091	25 54	3611	40 51	4080	54 20
2640	12 56	3131	27 3	3640	41 41	4091	54 39
2651	13 15	3171	28 12	3651	42 0	4120	55 29
2680	14 5					4131	55 48
						4160	56 38
						4171	56 57
$2579\frac{1}{8}$	1 11 11	$3066\frac{4}{7}$	1 25 $11\frac{6}{7}$	$3589\frac{1}{7}$	1 40 $13\frac{2}{7}$	4079,7	1 54 19,5

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72499496	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
80	23 59 19,9958	39,9	4,00	4,34	25 59 19,9902	−0,0056
580	0 13 42,5000	34,8			0 13 42,4988	−0,0012
1080	28 5,0041	30,8	3,98	4,34	28 5,0046	+0,0005
1580	42 27,5042	27,4			42 27,5087	+0,0045
2080	56 50,0041	24,4	3,99	4,35	56 50,0114	+0,0073
2580	1 11 12,5091	21,9			1 11 12,5131	+0,0040
3080	25 35,0215	19,8	4,07	4,39	25 35,0143	−0,0072
3580	39 57,5142	17,9			39 57,5146	+0,0004
4080	54 20,0175	16,1	4,13	4,40	54 20,0146	−0,0029

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	12,511	4,21	4,04	4,18	4,00	4,34
E.	12,515	4,30	4,29	4,37	4,14	4,40
M.	12,513	4,255	4,165	4,275	4,07	4,37

Gemessene Länge	$F - 1{,}1287$
Temperatur von $F = 4°,22$	$+0{,}0228$
Toise, Temperatur $= 4{,}23$	863,8808
Elasticität des Fadens	$+0{,}0042$
Länge des Pendels ..	$= F + 862{,}7791$

Beobachtete Schwingungszeit $= 1'',72499496$ Uhrz. $= 1'',7208393$ MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,3653 + 2{,}9612\,\varepsilon$
Reduction auf den leeren Raum $-\ 0{,}2023 - 0{,}0005\,\varepsilon - 0{,}2022\,k$
——— auf das zusammengesetzte Pendel $+\ 0{,}2230$
——— auf *F* $-\ 862{,}7791$

Resultat des Versuchs $F = 442{,}6069 + 2{,}9607\,\varepsilon - 0{,}2022\,k$

Versuch XI. *a*. 1827 Apr. 1. 22h 56′ Stz. Barometer 335,91 *L*. + 3°,6 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	21 56 5	506	22 10 38	1041	22 26 1	1536	22 40 15	2031	22 54 29
11	56 24	546	11 47	1052	26 20	1587	41 43	2071	55 38
51	57 33	597	13 15	1092	27 29	1627	42 52	2082	55 57
102	59 1	637	14 24	1132	28 38	1667	44 1	2122	57 6
142	22 0 10	677	15 33	1172	29 47	1678	44 20	2162	58 15
182	9 19	728	17 1	1183	30 6			2173	58 34
								2213	59 43
81 1/3	21 58 25 1/3	615 1/6	22 13 46 1/3	1112	22 28 3 1/2	1619	22 42 38 1/5	2122	22 57 6

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2526	23 8 43	3021	23 22 57	3516	23 37 11	4011	23 51 25
2537	9 2	3032	23 16	3556	38 20	4040	52 15
2566	9 52	3061	24 6	3567	38 39	4051	52 34
2577	10 11	3072	24 25	3596	39 29	4062	52 53
2617	11 20	3101	25 15	3607	39 48	4091	53 43
2657	12 29	3112	25 34	3647	40 57	4102	54 2
2668	12 48	3152	26 43	3658	41 16	4131	54 52
2708	13 57	3163	27 2	3687	42 6	4142	55 11
		3203	28 11	3698	42 25	4153	55 30
						4182	56 20
2607	23 11 2 3/4	3101 8/9	23 25 16 5/9	3614 2/3	23 40 1 2/9	4096 1/2	23 52 52 1/2

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72523916	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	21 58 57,5380	40,4	3,26	3,40	21 58 57,5367	−0,0013
600	22 13 20,1670	35,4			22 13 20,1676	+0,0006
1100	27 42,7970	31,1	3,30	3,47	27 42,7960	−0,0010
1600	42 5,4202	27,4			42 5,4223	+0,0021
2100	56 28,0444	24,4	3,33	3,53	56 28,0474	+0,0030
2600	23 10 50,6733	21,9			23 10 50,6715	−0,0018
3100	25 13,2968	19,6	3,36	3,59	25 13,2948	−0,0020
3600	39 35,9185	17,5			39 35,9175	−0,0010
4100	53 58,5384	15,9	3,37	3,66	53 58,5397	+0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
A.	13,793	3,44	3,50	3,45	3,25	3,38
E.	13,787	3,58	3,59	3,59	3,37	3,67
M.	13,790	3,51	3,545	3,52	3,31	3,525

Gemessene Länge	*F*—1,2439
Temperatur von *F*=3°, 53	+0,0191
Toise, Temperatur = 3°, 53	863,8742
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels ...	=*F*+862,6536

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72523916 Uhrz.	= 1″,7210820 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	1305,L7335 + 2,9620 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0, 2037 — 0,0005 ε — 0,2036 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel	+ 0, 2249
——— auf *F*	— 862, 6536
Resultat des Versuchs	*E* = 443, 1011 + 2,9615 ε — 0,2036 *k*

Versuch IX. *b*. 1827 Apr. 2. 3^h 54' Stz. Barometer 335,80 *L*. + 3°,7 *C*.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	*t'*	*t''*	Rechnung 1'',00310339	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	3 0 35,5	13,8	3,64	3,67	3 0 35,4991	− 0,0009
642	11 19,5	12,9			11 19,5002	+ 0,0002
1284	22 3,5	12,05	3,70	3,67	22 3,5003	+ 0,0003
1926	32 47,5	11,3			32 47,4994	− 0,0006
2568	43 31,5	10,65	3,70	3,67	43 31,4978	− 0,0022
3212	54 17,5	10,0			54 17,5017	+ 0,0017
3855	4 5 2,5	9,35	3,70	3,67	4 5 2,5019	+ 0,0019
4498	15 47,5	8,8			15 47,5015	+ 0,0015
5141	26 32,5	8,25	3,70	3,67	26 32,5007	+ 0,0007
5784	37 17,5	7,8			37 17,4994	− 0,0006
6427	48 2,5	7,45	3,70	3,69	48 2,4979	− 0,0021

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*e'*	*e''*	*e'''*	*t'*	*t''*
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	14,013	3,73	3,74	3,69	3,59	3,67
Ende ...	14,014	3,82	3,74	3,79	3,70	3,67
Mittel..	14,0135	3,775	3,74	3,74	3,645	3,67

Gemessene Länge	*F* — 1,2640
Temperatur von *F* = 3°,76	+ 0,0204
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 1,2422

Beobachtete Schwingungszeit = 1'',00310339 Uhrz. = 1'',0006859 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 441,^{L}4149 + 1,0014 ε

Reduction auf den leeren Raum — 0, 0687 — 0,0002 ε — 0,0687 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0, 0548

——— auf *F* + 1, 2422

Resultat des Versuchs *F* = 442, 5336 + 1,0012 ε — 0,0687 *k*

Versuch X. *b.* 1827 Apr. 2. 22ʰ 31′ Stz. Barometer 335,27 *L.* + 3°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	t′	t″	Rechnung 1″,00311539	Fehler
	h ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
0	21 37 9,5	12,0	3,09	3,21	21 37 9,4992	— 0,0008
641	47 52,5	11,5			47 52,5026	+ 0,0026
1280	58 33,5	10,8	3,14	3,27	58 33,4992	— 0,0008
1920	22 9 15,5	10,05			22 9 15,4983	— 0,0017
2560	19 57,5	9,5	3,23	3,27	19 57,4968	— 0,0032
3202	30 41,5	8,9			30 41,5011	+ 0,0011
3843	41 24,5	8,3	3,28	3,29	41 24,5017	+ 0,0017
4484	52 7,5	7,8			52 7,5021	+ 0,0021
5125	23 2 50,5	7,3	3,31	3,32	23 2 50,5021	+ 0,0021
5765	13 32,5	6,9			13 32,4986	— 0,0014
6406	24 15,5	6,5	3,31	3,35	24 15,4981	— 0,0019

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e′	e″	e‴	t′	t″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	13,501	3,25	3,25	3,35	3,03	3,21
Ende ...	13,448	3,44	3,45	3,50	3,31	3,41
Mittel..	13,4745	3,345	3,35	3,425	3,17	3,31

Gemessene Länge	= *F* — 1,2154
Temperatur von *F* = 3°,35	+ 0,0181
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 0,1959

Beobachtete Schwingungszeit = 1″, 00311539 Uhrz. = 1″, 0006985 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,ᴸ4260 + 1,0014 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0, 0688 — 0,0002 ε — 0,0687 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0, 0567
——— auf *F* + 1, 1959.
Resultat des Versuchs *F* = 442, 4964 + 1,0012 ε — 0,0687 *k*

Versuch XI. *b*. 1827 Apr. 3. $2^h\,47'$ Stz. Barometer 335,03 *L.* + 3°,8 *C*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t''	Rechnung 1,″00363856	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	2 0 55,5	12,75	3,59	3,67	2 0 55,5000	0,0000
548	10 5,5	11,8			10 5,5002	+ 0,0002
1096	19 15,5	11,0	3,64	3,67	19 15,4995	— 0,0005
1644	28 25,5	10,3			28 25,4981	— 0,0019
2193	37 36,5	9,8	3,64	3,67	37 36,4999	— 0,0001
2742	46 47,5	9,2			46 47,5013	+ 0,0013
3291	55 58,5	8,8	3,64	3,67	55 58,5023	+ 0,0023
3840	3 5 9,5	8,2			3 5 9,5030	+ 0,0030
4387	14 18,5	7,8	3,70	3,72	14 18,4961	— 0,0039
4937	23 30,5	7,4			23 30,4999	— 0,0001
5486	32 41,5	7,0	3,70	3,72	32 41,5003	+ 0,0003

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e'	e''	e'''	t'	t''
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	13,910	3,73	3,69	3,64	3,53	3,67
Ende ...	13,908	3,82	3,74	3,74	3,70	3,72
Mittel..	13,909	3,775	3,715	3,69	3,615	3,695

Gemessene Länge	= *F* — 1,2546
Temperatur von *F* = 3°,75	+ 0,0203
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 1,2329

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00363856 Uhrz.	= 1″,0012219 MZ.	
Entsprechende Länge des einfachen Pendels	441,^{L}8879 + 1,0024 ε	
Reduction auf den leeren Raum	— 0, 0687 — 0,0002 ε	— 0,0686 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel	— 0, 0548	
——— auf *F*.	+ 1, 2329.	
Resultat des Versuchs	*F* = 442, 9973 + 1,0022 ε	— 0,0686 *k*

Versuch IX. *c.* 1827 Apr. 3. 21ʰ 24′ Stz. Barometer 337,58 *L.* + 3°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	20 22 58	509	20 37 36	1018	20 52 14	1527	21 6 52	2047	21 21 49
69	24 57	549	38 45	1058	53 23	1567	8 1	2076	22 39
109	26 6	589	39 54	1098	54 32	1607	9 10	2087	22 58
149	27 15	618	40 44	1138	55 41	1647	10 19	2127	24 7
160	27 34	629	41 3	1178	56 50	1687	11 28	2156	24 57
189	28 24	669	42 12	1218	57 59	1727	12 27	2167	25 16
		698	43 2						
$112\frac{2}{3}$	20 26 $12\frac{1}{3}$	$608\frac{5}{7}$	20 40 28	1118	20 55 $6\frac{1}{2}$	1627	21 9 $44\frac{1}{2}$	2110	21 23 $37\frac{2}{3}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2516	21 35 18	3025	21 49 56	3505	22 3 44	4014	22 18 22
2556	36 27	3065	51 5	3534	4 34	4043	19 12
2585	37 17	3105	52 14	3574	5 43	4054	19 31
2596	37 36	3134	53 4	3585	6 2	4083	20 21
2636	38 45	3145	53 23	3614	6 52	4094	20 40
2665	39 35	3174	54 13	3625	7 11	4123	21 30
2676	39 54	3185	54 32	3654	8 1	4134	21 49
2705	40 44	3225	55 41	3665	8 20	4163	22 39
				3694	9 10	4203	23 48
						4214	24 7
$2616\frac{7}{8}$	21 38 12	$3132\frac{1}{4}$	21 53 1	$3605\frac{5}{9}$	22 6 $37\frac{4}{9}$	4112,5	22 21 $11\frac{9}{10}$

	Reducirte Mittel der Beobb.	Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″,72495320	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
110	20 26 7,7334	37,7	3,26	3,49	20 26 7,7286	−0,0048
610	40 30,2178	33,6			40 30,2155	−0,0023
1110	54 52,7003	29,7	3,30	3,49	54 52,7004	+0,0001
1610	21 9 15,1756	26,2			21 9 15,1834	+0,0078
2110	23 37,6667	23,4	3,31	3,46	23 37,6650	−0,0017
2610	38 0,1409	20,8			38 0,1456	+0,0047
3110	52 22,6196	19,0	3,31	3,44	52 22,6257	+0,0061
3610	22 6 45,1109	17,0			22 6 45,1046	−0,0063
4110	21 7,5876	15,5	3,31	3,48	21 7,5834	−0,0042

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	13,654	3,48	3,55	3,59	3,25	3,49
E.	13,637	3,48	3,55	3,59	3,31	3,49
M.	13,6455	3,48	3,55	3,59	3,28	3,49

Gemessene Länge	*F* − 1,2308
Temperatur von *F* = 3°,50 .	+ 0,0189
Toise, Temperatur = 3, 57 .	863,8842
Elasticität des Fadens.....	+ 0,0042
Länge des Pendels...	= *F* + 862,6765

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72495320 Uhrz. = 1″,7207971 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305,^L^3013 + 2,9611 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0, 2046 — 0,0005 ε — 0,2046 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel............ + 0, 2258
——— auf *F* — 862, 6765

Resultat des Versuchs *F* = 442, 6460 + 2,9606 ε — 0,2046 *k*

Versuch X. *c.* 1827 Apr. 4. $3^h 59'$ Stz. Barometer 338,05 *L.* + 4°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	2 57 59	531	3 13 15	1011	3 27 3	1520	3 41 41	2000	3 55 29
11	58 18	560	14 5	1051	28 12	1531	42 0	2011	55 48
80	3 0 17	571	14 24	1080	29 2	1571	43 9	2051	56 57
160	2 35	600	15 14	1131	30 30	1600	43 59	2080	57 47
171	2 54	669	17 13	1171	31 39	1611	44 18	2091	58 6
		680	17 32	1200	32 29	1651	45 27	2131	59 15
						1680	46 17	2160	4 0 5
								2171	0 24
$84\frac{2}{5}$	3 0 $24\frac{3}{5}$	$601\frac{5}{6}$	3 15 $17\frac{1}{6}$	$1107\frac{1}{3}$	3 29 $49\frac{1}{6}$	$1594\frac{6}{7}$	3 43 $50\frac{1}{7}$	$2086\frac{7}{8}$	3 57 $58\frac{7}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2560	4 11 35	3040	4 25 23	3520	4 39 11	4000	4 52 59
2571	11 54	3051	25 42	3531	39 30	4011	53 18
2600	12 44	3080	26 32	3560	40 20	4040	54 8
2611	13 3	3091	26 51	3571	40 39	4051	54 27
2640	13 53	3120	27 41	3600	41 29	4080	55 17
2651	14 12	3131	28 0	3640	42 38	4120	56 26
		3160	28 50	3651	42 57	4131	56 45
		3200	29 59	3680	43 47	4160	57 35
						4200	58 44
$2605\frac{1}{2}$	4 12 $53\frac{1}{2}$	$3109\frac{1}{8}$	4 27 $22\frac{1}{4}$	$3594\frac{1}{8}$	4 41 $18\frac{7}{8}$	$4088\frac{1}{9}$	4 55 31

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	*l′*	*l‴*	Rechnung 1″,72498868	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
90	3 0 34,2600	38,8	3,76	3,84	3 0 34,2553	−0,0047
590	14 56,7542	34,7			14 56,7607	+0,0065
1090	29 19,2667	30,5	3,85	3,88	29 19,2638	−0,0029
1590	43 41,7643	27,1			43 41,7650	+0,0007
2090	58 4,2656	24,2	3,86	3,89	58 4,2650	−0,0006
2590	4 12 26,7625	21,6			4 12 26,7638	+0,0013
3090	26 49,2594	19,4	3,85	3,90	26 49,2618	+0,0024
3590	41 11,7594	17,4			41 11,7591	−0,0003
4090	55 34,2583	15,8	3,82	3,93	55 34,2559	−0,0024

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	*e′*	*e″*	*e‴*	*l′*	*l‴*
	R	°	°	°	°	°
A.	12,695	3,92	3,79	3,70	3,75	3,83
E.	12,682	3,92	3,89	3,93	3,81	3,94
M.	12,6885	3,92	3,84	3,86	3,78	3,885

Gemessene Länge	*F* − 1,1445
Temperatur von *F* = 3°,89 .	+ 0,0211
Toise, Temperatur = 3,85 .	863,8771
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels ..	= *F* + 862,7579

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72498868 Uhrz. = 1″,7208380 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,3623$ + 2,9612 ε
Reduction auf den leeren Raum − 0,2045 − 0,0005 ε − 0,2045 *k*
———— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2230
———— auf *F* − 862,7579

Resultat des Versuchs *F* = 442,6229 + 2,9607 ε − 0,2045 *k*

Versuch XI. *c.* 1827 Apr. 4. $22^h 41'$ Stz. Barometer 340,02 *L.* + 4°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	21 39 13	506	21 53 46	1041	22 9 9	1536	22 23 23	2031	22 37 37
11	39 32	546	54 55	1132	11 46	1547	23 42	2111	39 55
51	40 41	557	55 14	1172	12 55	1576	24 32	2122	40 14
131	42 59	597	56 23	1183	13 14	1587	24 51	2162	41 23
142	43 18	626	57 13			1616	25 41	2173	41 42
182	44 27	637	57 32			1627	26 0	2213	42 51
		677	58 41			1667	27 9		
						1678	27 28		
$86\frac{1}{6}$	22 41 $41\frac{2}{3}$	$592\frac{2}{7}$	21 56 $14\frac{6}{7}$	1132	22 11 46	$1604\frac{1}{4}$	22 25 $20\frac{3}{4}$	$2135\frac{1}{3}$	21 40 37

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2526	22 51 51	3021	23 6 5	3516	23 20 19	4040	23 35 23
2566	53 0	3050	6 55	3556	21 28	4051	35 42
2606	54 9	3061	7 14	3567	21 47	4091	36 51
2617	54 28	3101	8 23	3596	22 37	4102	37 10
2657	55 37	3112	8 42	3607	22 56	4131	38 0
2668	55 56	3152	9 51	3647	24 5	4171	39 9
2708	57 5	3163	10 10	3658	24 24	4182	39 28
		3192	11 0	3676	24 55	4193	39 47
$2621\frac{1}{7}$	22 54 $35\frac{1}{7}$	$3106\frac{1}{2}$	23 8 $32\frac{1}{2}$	$3602\frac{7}{8}$	23 22 $48\frac{7}{8}$	$4120\frac{1}{8}$	23 37 $41\frac{1}{4}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72523854	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	21 42 5,5327	38,4	4,03	4,34	21 42 5,5346	+0,0019
600	56 28,1662	33,9			56 28,1643	−0,0019
1100	22 10 50,7920	29,9	4,10	4,35	22 10 50,7917	−0,0003
1600	25 13,4177	26,6			25 13,4175	−0,0002
2100	39 36,0412	23,6	4,13	4,37	39 36,0420	+0,0008
2600	53 58,6662	21,2			53 58,6654	−0,0008
3100	23 8 21,2859	19,0	4,17	4,37	23 8 21,2881	+0,0022
3600	22 43,9149	17,2			22 43,9103	−0,0046
4100	37 6,5293	15,5	4,23	4,39	37 6,5321	+0,0028

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
A.	13,907	4,21	4,09	4,18	3,97	4,34
E.	13,899	4,30	4,33	4,37	4,25	4,40
M.	13,903	4,255	4,21	4,275	4,11	4,37

Gemessene Länge	*F*—1,2541
Temperatur von *F* = 4°,20 .	+0,0227
Toise, Temperatur = 4, 25 .	863,8810
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels...	= *F* + 862,6538

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72523854 Uhrz........... = 1″,7210864 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,7402$ + 2,9620 ε

Reduction auf den leeren Raum — 0,2055 — 0,0005 ε — 0,2055 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2249

——— auf *F*. — 862,6538

Resultat des Versuchs *F* = 443,1058 + 2,9615 ε — 0,2055 *k*

Versuch IX. *d.* 1827 Apr. 5. 3^{h}27′ Stz. Barometer 341,05 *L.* + 5°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	2 25 55	509	2 40 33	989	2 54 21	1498	3 8 59	2007	3 23 37
11	26 14	520	40 52	1029	55 30	1527	9 49	2036	24 27
51	27 23	560	42 1	1069	56 39	1538	10 8	2047	24 46
91	28 32	600	43 10	1098	57 29	1578	11 17	2087	25 55
120	29 22	629	44 0	1109	57 48	1607	12 7	2098	26 14
160	30 31	640	44 19	1138	58 38	1618	12 26	2116	26 45
		669	45 9	1178	59 47	1647	13 16	2127	27 4
		680	45 28			1658	13 35	2167	28 13
$72\frac{1}{6}$	2 27 $59\frac{1}{2}$	$600\frac{7}{8}$	2 43 $11\frac{1}{2}$	$1087\frac{1}{7}$	2 57 $10\frac{2}{7}$	$1583\frac{7}{8}$	3 11 $27\frac{1}{8}$	$2085\frac{5}{8}$	3 25 $52\frac{5}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2516	3 38 15	3014	3 52 34	3494	4 6 22	3902	1 20 41
2545	39 5	3054	53 43	3523	7 12	4003	21 0
2556	39 24	3065	54 2	3534	7 31	4032	21 50
2596	40 33	3094	54 52	3563	8 21	4043	22 9
2625	41 23	3105	55 11	3574	8 40	4072	22 59
2665	42 32	3134	56 1	3603	9 30	4083	23 18
2676	42 51	3145	56 20	3614	9 49	4152	25 17
2705	43 41	3214	58 19	3643	10 39	4163	25 36
				3654	10 58		
				3683	11 48		
$2610\frac{1}{2}$	3 40 58	$3103\frac{1}{8}$	3 55 $7\frac{3}{4}$	$3588\frac{1}{2}$	4 9 5	$4067\frac{1}{2}$	4 22 $51\frac{1}{4}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur: μ	l′	l‴	Rechnung 1″,72493958	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
80	2 28 13,0121	39,3	4,58	5,11	2 28 13,0093	−0,0028
580	42 35,4917	34,6			42 35,4899	−0,0018
1080	56 57,9646	30,6	4,58	4,98	56 57,9679	+0,0033
1580	3 11 20,4408	27,0			3 11 20,4439	+0,0031
2080	25 42,9222	24,2	4,55	4,97	25 42,9184	−0,0038
2580	40 5,3890	21,5			40 5,3918	+0,0028
3080	54 27,8605	19,5	4,55	5,02	54 27,8644	+0,0039
3580	4 8 50,3379	17,5			4 8 50,3365	−0,0014
4080	23 12,8119	15,9	4,63	5,17	23 12,8085	−0,0034

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
A.	13,853	4,59	4,58	4,71	4,58	5,14
E.	13,860	4,69	4,73	5,01	4,64	5,20
M.	13,8565	4,64	4,655	4,86	4,61	5,17

Gemessene Länge	*F* — 1,2498
Temperatur von *F* = 4°,65	+ 0,0251
Toise, Temperatur = 4,78	863,8862
Elasticität des Fadens	+ 0,8142
Länge des Pendels ..	= *F* + 862,6657

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72493958 Uhrz. = 1″,7207956 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^L,2990 + 2,9611 ε

Reduction auf den leeren Raum — 0, 2057 — 0,0005 ε — 0,2056 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2258

——— auf *F* — 862, 6657

Resultat des Versuchs *F* = 442, 6534 + 2,9606 ε — 0,2056 *k*

Versuch X. *d.* 1827 Apr. 5. 23^h 0′ Stz. Barometer 343,20 *L.* + 4°,8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	21 58 26	509	22 13 4	978	22 26 33	1487	22 41 11	1966	22 55 49
40	59 35	549	14 13	1018	27 42	1498	41 30	2036	56 58
69	22 0 25	589	15 22	1058	28 51	1527	42 20	2076	58 7
80	0 44	618	16 12	1087	29 41	1567	43 29	2105	58 57
120	1 53	629	16 31	1098	30 0	1607	44 38	2116	59 16
149	2 43	658	17 21	1138	31 9	1676	46 37	2145	23 0 6
160	3 2	709	18 49	1167	31 59			2156	0 25
								2185	1 15
$88\frac{2}{7}$	22 0 $58\frac{2}{7}$	$608\frac{5}{7}$	22 15 56	$1077\frac{5}{7}$	22 29 25	$1560\frac{1}{3}$	22 43 $17\frac{1}{2}$	$2101\frac{7}{8}$	22 58 $51\frac{5}{8}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2465	23 9 18	2974	23 23 56	3472	23 38 15	3981	23 52 53
2505	10 27	3014	25 5	3483	38 34	3992	53 12
2516	10 46	3043	25 55	3523	39 43	4021	54 2
2545	11 36	3054	26 14	3534	40 2	4032	54 21
2585	12 45	3094	27 23	3552	40 33	4061	55 11
2614	13 35	3134	28 32	3563	40 52	4072	55 30
2625	13 54	3163	29 22	3603	42 1	4101	56 20
2694	15 53	3174	29 41	3632	42 51	4112	56 39
2705	16 12			3643	43 10	4141	57 29
				3712	45 9	4152	57 48
$2583\frac{7}{9}$	23 12 $42\frac{8}{9}$	$3081\frac{1}{4}$	23 27 1	3571,7	23 41 7	$4066\frac{1}{2}$	23 55 $20\frac{1}{2}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″, 72493902	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
90	22 1 1,2428	38,0	4,36	4,80	21 1 1,2395	−0,0033
590	15 23,7188	33,2			15 23,7191	+0,0003
1090	29 46,1922	29,5	4,36	4,80	29 46,1964	+0,0042
1590	44 8,6745	26,2			44 8,6720	−0,0025
2090	58 31,1412	23,4	4,39	4,83	58 31,1464	+0,0052
2590	23 12 53,6219	20,8			23 12 53,6199	−0,0020
3090	27 16,0933	18,8	4,42	4,87	27 16,0927	−0,0006
3590	41 38,5666	16,9			41 38,5649	−0,0017
4090	56 1,0364	15,3	4,42	4,90	56 1,0368	+0,0004

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	13,536	4,49	4,53	4,66	4,36	4,80
E.	13,535	4,59	4,73	4,81	4,42	4,91
M.	13,5355	4,54	4,63	4,735	4,39	4,855

Gemessene Länge *F*—1,2209
Temperatur von *F* = 4°,57 . +0,0247
Toise, Temperatur = 4, 69 . 863,8854
Elasticität des Fadens. +0,0042
Länge des Pendels . . . = *F* + 862,6934

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72493902 Uhrz. = 1″,7207907 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels. 1305,′2916 + 2,9611 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0, 2071 — 0,0005 ε — 0,2071 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel. + 0, 2230
——— auf *F* . — 862, 6934

Resultat des Versuchs *F* = 442, 6141 + 2,9606 ε — 0,2071 *k*

Versuch XI. *d.* 1827 Apr. 6. $3^h\ 39'$ Stz. Barometer 343,19 *L.* + 6°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	2 36 38	495	2 50 52	1030	3 6 15	1525	3 20 29	2020	3 34 43
40	37 47	535	52 1	1041	6 34	1536	20 48	2031	35 2
51	38 8	546	52 20	1081	7 43	1576	21 57	2071	36 11
91	39 15	586	53 29	1132	9 11	1616	23 6	2111	37 20
171	41 33	666	55 47	1172	10 20	1667	24 34	2151	38 29
182	41 52	677	56 6	1212	11 29	1707	25 43	2162	38 48
$89\frac{1}{6}$	2 39 $11\frac{5}{6}$	$584\frac{1}{6}$	2 53 $25\frac{5}{6}$	$1111\frac{1}{3}$	3 8 $35\frac{1}{3}$	$1604\frac{1}{2}$	3 22 $46\frac{1}{6}$	2091	3 36 $45\frac{1}{2}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2515	3 48 57	3010	4 3 11	3505	4 17 25	4000	4 31 39
2555	50 6	3021	3 30	3516	17 44	4011	31 58
2566	50 25	3050	4 20	3545	18 34	4029	32 29
2606	51 34	3061	4 39	3556	18 53	4040	32 48
2646	52 43	3090	5 29	3585	19 43	4051	33 7
2657	53 2	3101	5 48	3596	20 2	4080	33 57
2686	53 52	3141	6 57	3636	21 11	4091	34 16
2697	54 11	3152	7 16	3647	21 30	4131	35 25
		3192	8 25	3676	22 20	4160	35 15
				3687	22 39	4171	36 34
2616	3 51 $51\frac{1}{4}$	$3090\frac{8}{9}$	4 5 $30\frac{5}{9}$	3594,9	4 20 0,1	$4076\frac{2}{5}$	4 33 $50\frac{4}{5}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur			Rechnung 1″,72523878	Fehler
		μ	l′	l‴		
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
100	2 39 20,5235	37,9	4,97	5,64	2 39 20,5220	−0,0015
600	53 53,1498	33,2			53 53,1514	+0,0016
1100	3 8 15,7805	29,4	4,97	5,61	3 8 15,7784	−0,0021
1600	22 38,4031	26,0			22 38,4037	+0,0006
2100	37 1,0273	23,3	4,97	5,63	37 1,0278	+0,0005
2600	51 23,6460	20,8			51 23,6509	+0,0049
3100	4 5 46,2745	18,7	4,98	5,68	4 5 46,2733	−0,0012
3600	20 8,8988	16,9			20 8,8953	−0,0036
4100	34 31,5159	15,3	5,02	5,76	34 31,5168	+0,0009

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e′	e″	e‴	l′	l‴
	R	°	°	°	°	°
A.	14,082	4,97	4,98	5,30	4,97	5,65
E.	14,085	5,12	5,18	5,55	5,08	5,77
M.	14,0835	5,045	5,08	5,425	4,995	5,71

Gemessene Länge	*F* — 1,2703
Temperatur von *F* = 5°,06 .	+ 0,0274
Toise, Temperatur = 5°,28 .	863,8912
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels ...	= *F* + 862,6525

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72523878 Uhrz. = 1″,7210930 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,7502$ + 2,9621 ε

Reduction auf den leeren Raum — 0,2067 — 0,0005 ε — 0,2066 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2249

——— auf *F* — 862,6525

Resultat des Versuchs *F* = 442,1159 + 2,9616 ε — 0,2066 *k*

Versuch IX. *e.* 1827 Apr. 8. $23^h\,12'$ Stz. Barometer 342,25 *L.* + 8°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	T′	T″	Rechnung 1″,00311441	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	22 15 1,5	11,8	6,79	7,20	22 15 1,4999	— 0,0001
640	25 43,5	11,0			25 43,4991	— 0,0009
1281	36 26,5	10,3	6,79	7,22	36 26,5007	+ 0,0007
1922	47 9,5	9,7			47 9,5016	+ 0,0016
2563	57 52,5	9,1	6,85	7,25	47 52,5020	+ 0,0020
3203	23 8 34,5	8,5			23 8 34,4989	— 0,0011
3844	19 17,5	8,0	6,93	7,25	19 17,4986	— 0,0014
4485	30 0,5	7,6			30 0,4980	— 0,0020
5126	40 43,5	7,2	7,01	7,31	40 43,4972	— 0,0028
5769	51 28,5	6,7			51 28,5025	+ 0,0025
6410	0 2 11,5	6,3	7,07	7,37	0 2 11,5013	+ 0,0013

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	e′	e″	e‴	T′	T″
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	14,045	6,88	7,11	7,51	6,74	7,20
Ende ...	14,039	7,08	7,30	7,51	7,03	7,37
Mittel..	14,042	6,98	7,205	7,61	6,885	7,285

Gemessene Länge = *F* — 1,2666
Temperatur von *F* = 7°,06 + 0,0382
Elasticität des Fadens.............. + 0,0014
Länge des Pendels = *F* — 1,2270

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00311441 Uhrz............ = 1″,0007035 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels............ 441,4304 *L* + 1,0014 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0692 — 0,0002 ε — 0,0692 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0548
——— auf *F* + 1,2270
Resultat des Versuchs *F* = 442,5334 + 1,0012 ε — 0,0692 *k*

Versuch X. *e*. 1827 Apr. 9. $3^h 37'$ Stz. Barometer 341,91 *L*. + 9°,9 *C*.

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	*l'*	*l''*	Rechnung 1'',00315620	Fehler
	h ′ ″	′	°	°	h ′ ″	″
0	2 40 52,5	11,3	7,62	8,22	2 40 52,5038	+ 0,0038
631	— 51 25,5	10,7			51 25,5013	+ 0,0013
1262	3 1 58,5	10,0	7,67	8,22	3 1 58,4982	— 0,0018
1894	— 12 32,5	9,3			12 32,4976	— 0,0024
2526	— 23 6,5	8,8	7,67	8,25	23 6,4965	— 0,0035
3159	— 33 41,5	8,3			33 41,4982	— 0,0018
3793	— 44 17,5	7,8	7,73	8,28	44 17,5027	+ 0,0027
4425	— 54 51,5	7,4			54 51,5005	+ 0,0005
5058	4 5 26,5	6,9	7,73	8,28	4 5 26,5012	+ 0,0012
5690	— 16 0,5	6,5			16 0,4985	— 0,0015
6324	— 26 36,5	6,0	7,79	8,34	26 36,5019	+ 0,0019

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels	*e'*	*e''*	*e'''*	*l'*	*l''*
	R	°	°	°	°	°
Anfang.	13,344	7,56	7,85	8,30	7,51	7,94
Ende ...	13,336	7,76	8,29	9,20	7,79	8,37
Mittel ..	13,340	7,66	8,07	8,75	7,65	8,155

Gemessene Länge	*F* — 1,2033
Temperatur von *F* = 7°,80	+ 0,0422
Elasticität des Fadens	+ 0,0014
Länge des Pendels	= *F* — 1,1597

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00315620 Uhrz. = 1″,0007433 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels $441^L,4656$ + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0689 — 0,0002 ε — 0,0689 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0566
——— auf *F* + 1,1597

Resultat des Versuchs *F* = 442,4998 + 1,0013 ε — 0,0689 *k*

Versuch XI. *e*. 1827 Apr. 9. 22h 29′ Stz. Barometer 340,38 *L*. + 9°,2 *C*

Beobachtete Coincidenzen		Schwingungsweite und Temperatur μ	*t*′	*t*″	Rechnung 1,″00362321	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
0	21 39 24,5	13,4	7,90	8,45	21 39 24,4985	— 0,0015
550	48 36,5	12,7			48 36,4980	— 0,0020
1101	57 49,5	12,0	7,90	8,45	57 49,5004	+ 0,0004
1652	22 7 2,5	11,3			22 7 2,5020	+ 0,0020
2202	16 14,5	10,7	7,90	8,45	16 14,4995	— 0,0005
2753	25 27,5	10,1			25 27,5000	0,0000
3304	34 40,5	9,6	7,90	8,45	34 40,5010	+ 0,0010
3856	43 54,5	9,0			43 54,5032	+ 0,0032
4407	53 7,5	8,6	7,90	8,45	53 7,5025	+ 0,0025
4957	23 2 19,5	8,1			23 2 19,4979	— 0,0021
5508	11 32,5	7,7	7,95	8,51	11 32,4966	— 0,0034

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlhebels *n*	*e*′	*e*″	*e*‴	*t*′	*t*″
		°	°	°	°	°
Anfang.	14,340	8,00	8,44	8,90	7,86	8,45
Ende ...	14,335	8,20	8,63	9,10	8,12	8,74
Mittel..	14,3375	8,10	8,535	9,00	7,99	8,595

Gemessene Länge $= F$ —	1,2933
Temperatur von $F = 8°,25$ +	0,0447
Elasticität des Fadens +	0,0014
Länge des Pendels $= F$ —	1,2472

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,00362321 Uhrz. = 1″,0012053 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 441,8733 *L* + 1,0024 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,0686 — 0,0002 ε — 0,0686 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel — 0,0548
——— auf *F*.................................. + 1,2472
Resultat des Versuchs.......... $F = 442,9971 + 1,0022\,\varepsilon - 0,0686\,k$

Versuch IX. *f.* 1827 Apr. 10. $22^h\ 31'$ Stz. Barometer 338,67 *L.* + 10°,6 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	21 26 49	480	21 40 37	1000	21 55 34	1480	22 9 22	2000	22 24 19
40	27 58	491	40 56	1040	56 43	1491	9 41	2011	24 38
80	29 7	560	42 55	1051	57 2	1520	10 31	2080	26 37
120	30 16	600	44 4	1120	59 1	1531	10 50	2091	26 56
160	31 25	640	45 13	1131	59 20	1571	11 59	2160	28 55
171	31 44	651	45 32	1171	22 0 29	1600	12 49	2171	29 14
		680	46 22			1680	15 7		
$95\frac{1}{6}$	21 29 $33\frac{1}{6}$	586	21 43 $39\frac{6}{7}$	$1085\frac{1}{2}$	21 58 $1\frac{1}{2}$	$1553\frac{2}{7}$	22 11 $28\frac{3}{7}$	$2085\frac{1}{2}$	22 26 $46\frac{1}{2}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2520	22 39 16	3000	22 53 4	3480	23 6 52	4000	23 21 49
2560	40 25	3040	54 13	3520	8 1	4011	22 8
2571	40 44	3051	54 32	3531	8 20	4040	22 58
2640	42 43	3080	55 22	3560	9 10	4080	24 7
2651	43 2	3120	56 31	3571	9 29	4091	24 26
2680	43 52	3131	56 50	3600	10 19	4120	25 16
		3160	57 40	3611	10 38	4131	25 35
		3200	58 49	3640	11 28	4160	26 25
				3680	12 37	4171	26 44
				3691	12 56	4200	27 34
$2603\frac{2}{3}$	22 41 $40\frac{1}{3}$	$3097\frac{3}{4}$	22 55 $52\frac{5}{8}$	$3588\frac{2}{5}$	23 9 59	$4100\frac{2}{5}$	23 24 $42\frac{1}{5}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72498954	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
90	21 29 24,2542	39,5	8,60	9,84	21 29 24,2517	−0,0025
590	43 46,7571	34,7			43 46,7575	+0,0004
1090	58 9,2625	30,7	8,66	9,87	58 9,2608	−0,0017
1590	22 12 31,7607	27,3			22 12 31,7625	+0,0018
2090	26 54,2625	24,3	8,69	9,91	26 54,2628	+0,0003
2590	41 16,7583	21,6			41 16,7621	+0,0038
3090	55 39,2562	19,4	8,72	9,95	55 39,2604	+0,0042
3590	23 10 1,7600	17,5			23 10 1,7583	−0,0017
4090	24 24,2600	15,8	8,72	9,98	24 24,7557	−0,0043

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	13,845	8,65	9,22	9,70	8,58	9,82
E.	13,841	8,75	9,24	9,84	8,72	9,99
M.	13,843	8,70	9,32	9,77	8,65	9,905

Gemessene Länge	*F* — 1,2486
Temperatur von *F* = 8°,92 .	+ 0,0483
Toise, Temperatur = 9°,59 .	863,9336
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels . . .	= *F* + 862,7375

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72498954 Uhrz. = 1″,7208377 MZ.
Entsprechende Länge des einfachen Pendels 1305^L,3629 + 2,9612 ε
Reduction auf den leeren Raum . — 0,2011 — 0,0005 ε — 0,2010 *k*
——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0,2258
——— auf *F* . — 862,7375

Resultat des Versuchs *F* = 442,6501 + 2,9607 ε — 0,2010 *k*

Versuch X. *f.* 1827 Apr. 11. $5^h\,3'$ Stz. Barometer 338,57 *L.* + 12°,4 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	3 57 54	571	4 14 19	1033	4 27 36	1524	4 41 43	2015	4 55 50
40	59 3	582	14 38	1073	28 45	1535	42 2	2055	56 59
51	59 22	622	15 47	1113	29 54	1564	42 52	2095	58 8
80	4 0 12	662	16 56	1153	31 3	1644	45 10	2135	59 17
120	1 21	713	18 24	1193	32 12	1684	46 19	2175	5 0 26
200	3 39			1233	33 21	1724	47 28	2215	1 35
$81\frac{5}{6}$	4 0 $15\frac{1}{6}$	630	4 16 $0\frac{4}{5}$	1133	4 30 $28\frac{1}{2}$	$1612\frac{1}{2}$	4 44 $15\frac{2}{3}$	2115	4 58 $42\frac{1}{2}$

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2546	5 11 6	3037	5 25 13	3528	5 39 20	4019	5 53 27
2586	12 15	3048	25 32	3568	40 29	4030	53 46
2626	13 24	3077	26 22	3579	40 48	4059	54 36
2666	14 33	3088	26 41	3608	41 38	4099	55 45
2677	14 52	3117	27 31	3648	42 47	4110	56 4
2706	15 42	3128	27 50	3659	43 6	4139	56 54
2717	16 1	3168	28 59	3688	43 56	4179	58 3
		3197	29 49	3699	44 15	4190	58 22
		3208	30 8	3728	45 5	4230	59 31
				3739	45 24	4241	59 50
$2646\frac{2}{7}$	5 13 59	$3118\frac{2}{3}$	5 27 $33\frac{8}{9}$	$3644\frac{2}{5}$	5 42 $40\frac{4}{5}$	$4129\frac{3}{5}$	5 56 $37\frac{4}{5}$

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	l'	l'''	Rechnung 1″,72504604	Fehler
	h ′ ″		°	°	h ′ ″	″
120	4 1 21,0064	39,0	9,95	11,67	4 1 21,0096	+0,0032
620	15 43,5494	33,9			15 43,5430	−0,0064
1120	30 5,0742	30,2	9,98	11,74	30 5,0740	−0,0002
1620	44 28,6046	26,6			44 28,6033	−0,0013
2120	58 51,1253	23,7	10,02	11,81	58 51,1313	+0,0060
2620	5 13 13,6556	21,2			5 13 13,6585	+0,0029
3120	27 36,1890	19,1	10,06	11,89	27 36,1850	−0,0040
3620	41 58,7086	17,2			41 58,7111	+0,0025
4120	56 21,2394	15,4	10,09	11,97	56 21,2368	−0,0026

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°
A.	12,765	10,13	10,79	11,62	9,94	11,65
E.	12,745	10,22	10,93	11,71	10,10	11,99
M.	12,755	10,175	10,86	11,665	10,02	11,82

Gemessene Länge.	*F*—1,1505
Temperatur von *F*=10°,41 .	+0,0564
Toise, Temperatur=11,34 .	863,9508
Elasticität des Fadens	+0,0042
Länge des Pendels . .	=*F*+862,8609

Beobachtete Schwingungszeit = 1″,72504604 Uhrz. = 1″,7209016 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^{L},4598$ + 2,9615 ε

Reduction auf den leeren Raum . — 0, 2000 — 0,0005 ε — 0,2000 k

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2231

——— auf *F* . — 862, 8609

Resultat des Versuchs *F* = 442, 6220 + 2,9610 ε — 0,2000 k

Versuch XI. *f.* 1827 Apr. 11. $22^h\,34'$ Stz. Barometer 339,20 *L.* + 11°,3 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	21 28 55	568	21 45 15	1034	21 58 39	1540	22 13 12	2006	22 26 36
11	29 14	659	47 52	1074	59 48	1591	14 40	2046	27 45
51	30 23	699	49 1	1125	22 1 16	1631	15 49	2057	28 4
102	31 51	710	49 20	1165	2 25	1642	16 8	2097	29 13
193	34 28			1176	2 44	1682	17 17	2108	29 32
244	35 56			1216	3 53	1733	18 45	2148	30 41
								2188	31 50
								2228	32 59
100 1/6	21 31 47 5/6	659	21 47 52	1131 2/3	22 1 27 1/2	1636 1/2	22 15 58 1/2	2109 3/4	22 29 35

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
2523	22 41 28	3029	22 56 1	3524	23 10 15	4041	23 25 7
2563	42 37	3069	57 10	3535	10 34	4052	25 26
2574	42 56	3080	57 29	3575	11 43	4081	26 16
2603	43 46	3109	58 19	3586	12 2	4092	26 35
2614	44 5	3120	58 38	3626	13 11	4121	27 25
2654	45 14	3160	59 47	3637	13 30	4132	27 44
2694	46 23	3171	23 0 6	3677	14 39	4143	28 3
2705	46 42	3211	1 15	3688	14 58	4154	28 22
				3717	15 48	4183	29 12
				3728	16 7	4223	30 21
2616 1/4	22 44 8 7/8	3118 5/8	22 58 35 5/8	3629,3	23 13 16,7	4122 1/5	23 27 27,1

Reducirte Mittel der Beobb.		Schwingungsweite und Temperatur μ	t'	t'''	Rechnung 1″, 72530263	Fehler
	h ′ ″	°	°	°	h ′ ″	″
120	21 32 22,0520	39,6	9,67	11,08	21 32 22,0509	−0,0011
620	46 44,7128	34,1			46 44,7131	+0,0003
1120	22 1 7,3714	30,3	9,73	11,08	22 1 7,3728	+0,0014
1620	15 30,0323	26,8			15 30,0309	−0,0014
2120	29 52,6845	23,8	9,77	11,08	29 52,6875	+0,0030
2620	44 15,3449	21,3			44 15,3431	−0,0018
3120	58 37,9973	19,1	9,77	11,10	58 37,9979	+0,0006
3620	23 13 0,6546	17,1			23 13 0,6521	−0,0025
4120	27 23,3043	15,5	9,78	11,12	27 23,3058	+0,0015

Messung der Länge des Pendels.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	t'	t'''
	R	°	°	°	°	°
A.	13,998	9,73	10,30	10,88	9,61	11,08
E.	13,964	9,88	10,40	10,98	9,79	11,13
M.	13,981	9,805	10,35	10,93	9,70	11,105

Gemessene Länge	*F* — 1,2611
Temperatur von *F* = 10°,00	+ 0,0541
Toise, Temperatur = 10°,69	863,9444
Elasticität des Fadens	+ 0,0042
Länge des Pendels ..	= *F* + 862,7416

Beobachtete Schwingungszeit = 1″, 72530263 Uhrz = 1″, 7211460 MZ.

Entsprechende Länge des einfachen Pendels $1305^L,8307$ + 2,9623 ε

Reduction auf den leeren Raum — 0, 2007 — 0,0005 ε — 0,2007 *k*

——— auf das zusammengesetzte Pendel + 0, 2249

——— auf *F* — 862, 7416

Resultat des Versuchs *F* = 442, 1133 + 2,9618 ε — 0,2007 *k*

III.

Reihe von Versuchen

mit der Kugel von Elfenbein und zwei verschiedenen Aufhängungsarten.

Vergleichung der beiden Uhren

			R	P
			h ′ ″	h ′ ″
1	Nvb.	6	10 39 0	10 39 7
2			12 13 30	12 13 35
3			14 32 0	14 32 2
4		7	17 38 0	17 37 58
5			18 25 0	18 24 57
6			19 12 30	19 12 26
7			19 59 30	19 59 25
8			21 37 0	21 36 53
9			14 39 30	14 39 2
10		8	15 28 0	15 27 31
11			16 16 30	16 16 0
12			17 4 30	17 3 59
13			17 53 0	17 52 28
14			18 40 30	18 39 57
15			19 29 30	19 28 56
16			20 17 30	20 16 55
17			14 17 0	14 16 2
18			15 5 30	15 4 31
19		9	15 54 0	15 53 0
20			16 43 30	16 42 29
21			17 32 30	17 31 28
22			18 21 30	18 20 27
23			19 10 0	19 8 56
24			10 42 30	10 41 7
25			11 31 0	11 29 36
26			12 20 30	12 19 5
27			13 8 30	13 17 4
28			13 58 30	13 57 3
29			14 46 30	14 45 2
30		10	15 35 0	15 33 31
31			16 24 30	16 23 0
32			17 12 30	17 10 59
33			10 41 30	10 39 37
34			11 29 30	11 27 36
35			12 17 0	12 15 5
36			13 4 30	13 2 34
37			13 52 30	13 50 33
38			14 40 30	14 38 32
39		11	15 29 0	15 27 1
40			17 53 30	17 51 28
41			18 41 30	18 39 27
42			19 30 30	19 28 26
43			20 18 30	20 16 25
44			21 7 0	21 4 54
45			11 34 30	11 32 6
46			12 21 0	12 18 35
47			14 41 0	14 38 32
48		12	15 15 0	15 25 31
49			16 16 0	16 11 30
50	Nvb.	21	17 47 30	17 44 58
51			18 35 0	18 32 27
52			11 22 0	11 19 6
53			12 8 0	12 5 5
54			14 23 30	14 20 32
55			15 9 0	15 6 1
56		13	15 55 30	15 52 30
57			16 43 0	16 39 59
58			17 29 30	17 26 28
59			18 16 0	18 12 57
60			19 4 30	19 1 26
61			10 41 0	10 37 36
62			11 26 30	11 23 5
63			12 13 30	12 10 4
64			13 0 0	12 56 33
65			13 48 30	13 45 2
66	—		14 35 30	14 32 1
67	—	14	15 23 30	15 20 0
68	—		16 9 30	16 5 59
69	—		16 56 30	16 52 58
70	—		17 42 30	17 38 57
71	—		18 30 30	18 26 56
72	—		11 17 0	11 13 5
73	—		12 8 0	12 4 4
74	—		14 33 0	14 29 1
75	—	15	16 11 0	16 6 59
76	—		17 47 0	17 42 57
77	—		18 36 0	18 31 56
78	—		19 35 0	19 20 55
79	—	16	11 26 0	11 21 5
80	—		12 14 0	12 9 4
81	—		13 2 30	12 57 33
82	—		13 50 0	13 45 2
83	—		14 38 0	14 33 1
84	—	17	15 26 0	15 21 0
85	—		16 14 0	16 8 59
86	—		17 1 30	17 56 28
87	—		17 49 30	17 44 27
88	—		10 25 0	10 19 36
89	—		12 4 30	12 59 4
90	—		12 54 0	12 48 33
91	—		13 43 0	13 37 32
92	—		14 32 0	14 26 31
93	—		15 22 0	15 16 30
94	—	18	18 38 0	18 32 26
95	—		19 28 30	19 22 55
96	—		20 18 0	20 12 24
97	—		22 46 0	22 40 21

Zeit in welcher *P* gegen *R* einen Schlag verliert.				
			h ′	′ ″
1 bis 3	Nvb.	6	11 39	46 33,9
4 - 8		7	19 40	47 46,6
9 - 14		8	16 40	48 13,7
11 - 16			18 17	48 12,9
17 - 21		9	15 54	48 54,0
19 - 23			17 32	49 0,0
24 - 27			11 56	48 45,0
25 - 32			14 22	48 47,1
33 - 37		10	12 17	47 42,0
38 - 41		11	16 41	48 11,5
40 - 44			19 31	48 24,0
45 - 48			13 31	46 41,5
48 - 51		12	17 1	46 45,0
52 - 57			13 56	45 40,7
54 - 60		13	16 43	46 49,3
61 - 65			12 14	46 51,0
66 - 71		14	16 33	46 49,7
72 - 76			14 28	48 41,2
74 - 78		15	16 57	48 35,2
79 - 83		16	13 2	48 0,0
83 - 87		17	16 14	47 51,0
88 - 92			12 27	49 35,7
92 - 95		18	17 0	49 17,3
94 - 97			20 49	49 32,1

Verbesserung der Zeitangabe der Uhr *R*

		St. Z.	Verbesserung				Tägliche Veränderung
		h ′	″			h ′	″
Nvb.	1	21 57	+ 10,880	Nvb.	3	8 33	— 1,070
	6	19 8	+ 5,658		6	7 25	— 1,184
	7	19 42	+ 4,443		9	15 42	— 1,069
	10	11 41	— 0,490		12	17 4	— 1,027
	13	22 27	— 3,005		16	18 47	— 0,937
	18	15 6	— 8,340		20	18 47	— 1,036
	21	22 27	— 10,730				

Hieraus und aus den Vergleichungen der beiden Uhren folgt, für die Zeiten der Versuche:

Versuch			St. Z.	*k*	*s*	1 Schlag von *P*
			h ′	′ ″	″	″
XII. *a.*	Nvb.	6	11 22	46 31,4	— 1,176	0,9976134
a′.		6	12 50	46 44,7	— 1,173	0,9976117
b.		7	17 34	47 26,9	— 1,163	0,9976066
b′.		7	18 52	47 34,5	— 1,160	0,9976057
c.		8	16 38	48 13,7	— 1,116	0,9976014
c′.		8	18 0	48 13,0	— 1,113	0,9976015
d.		9	16 13	48 55,2	— 1,069	0,9975971
d′.		9	17 27	48 59,7	— 1,068	0,9975966
XIII. *a.*		9	11 57	48 45,0	— 1,058	0,9975984
a′.		9	13 6	48 46,0	— 1,057	0,9975983
b.		10	12 13	47 41,6	— 1,043	0,9976061
b′.		10	13 34	47 50,6	— 1,042	0,9976051
c.		11	17 45	48 16,2	— 1,040	0,9976020
c′.		11	19 8	48 22,3	— 1,039	0,9976013
d.		11	14 43	46 42,7	— 1,028	0,9976136
d′.		12	15 56	46 43,9	— 1,028	0,9976135
XIV. *a.*		12	14 49	46 2,5	— 1,007	0,9976191
a′.		13	16 6	46 34,1	— 1,006	0,9976150
b.		13	12 5	46 51,0	— 0,987	0,9976131
b′.		13	13 26	46 50,7	— 0,986	0,9976131
c.		13	14 31	46 50,3	— 0,985	0,9976132
c′.		14	15 46	46 50,0	— 0,984	0,9976132
d.		14	14 55	48 40,1	— 0,965	0,9976001
d′.		15	16 7	48 37,2	— 0,932	0,9976004
XV. *a.*		16	12 37	48 1,3	— 0,956	0,9976048
a′.		16	13 43	47 58,1	— 0,957	0,9976051
b.		16	14 49	47 56,0	— 0,958	0,8976054
b′.		17	16 7	47 51,3	— 0,959	0,9976059
c.		17	12 28	49 37,5	— 0,980	0,9975933
c′.		17	13 43	49 30,6	— 0,982	0,9975941
d.		17	14 39	49 26,8	— 0,983	0,9975944
d′.		18	18 27	49 22,9	— 0,987	0,9975949

Versuch XII. *a*. 1827 Nvb. 6. 11ʰ 22′ Stz.
Barometer 332,90 *L*. + 3°,9 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
	0	11 5 4	499	11 19 25	998	11 33 46
	40	6 13	528	20 15	1009	34 5
	51	6 32	539	20 34	1038	34 55
	91	7 41	550	20 53	1049	35 14
	142	9 9	590	22 2	1078	36 4
	182	10 18	601	22 21	1089	36 23
	193	10 37	630	23 11	1100	36 42
			641	23 30	1111	37 1
			692	24 58	1140	37 51
			703	25 17	1151	38 10
					1180	39 0
					1191	39 19
	99 6/7	11 7 56 2/7	597,3	11 22 14 3/5	1094 1/2	11 36 32 1/2
	100	11 7 56,5322	600	11 22 19,2587	1100	11 36 41,9900
μ		36,4		22,0		13,2
l' et l'''....		4,80. 4,85		4,80. 4,84		4,79. 4,83
Rechnung		11 7 56,5306		11 22 19,2618		11 36 41,9884
Fehler....		— 0,0016		+ 0,0031		— 0,0016

XII. *a′*. Nvb. 6. 12ʰ 50′ Stz.
Barom. 332,90 *L*. + 3°,9 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h	′ ″	μ	l' °	l'' °
0	12	29 11,5	16,0	4,83	4,93
614		39 27,5	11,8		
1230		49 45,5	8,8	4,88	4,93
1846	13	0 3,5	6,8		
2464		10 23,5	5,2	4,94	4,93

Rechnung (h ′ ″)	Fehler (″)
12 29 11,5011	+ 0,0011
39 27,4993	— 0,0007
49 45,4997	— 0,0003
13 0 3,4981	— 0,0019
10 23,5018	+ 0,0018

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. (R)	e' (°)	e'' (°)	e''' (°)	l' (°)	l''' (°)	Schraube des Fühlheb. (R)	e' (°)	e'' (°)	e''' (°)	l' (°)	l''' (°)
Anfang	18,521	4,92	4,93	4,96	4,80	4,86	19,160	4,97	4,93	4,96	4,86	4,87
Ende..	18,529	4,92	4,88	4,96	4,77	4,83	19,160	5,16	4,98	5,01	4,97	5,03
Mittel..	18,525	4,92	4,905	4,96	4,785	4,845	19,160	5,065	4,955	4,985	4,915	4,95

	XII. *a*	XII. *a′*
Gemessene Länge	*F* — 1,6710	 = *F* — 1,7282
Temperatur von *F* = 4°,91	+ 0,0266	5°,02 + 0,0272
Toise, Temperatur = 4,93	863,8877	 —
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,2515	 = *F* — 1,6984

	XII. *a*	XII. *a′*
Beobacht. Schwingungszeit	= 1″,7254478 Uhrz. = 1″,7213300 MZ.	1″,00323953 Uhrz. = 1″,0008435 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306ᴸ,1099 + 2,9628 ε	441,5540 + 1,0017 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9161 — 0,0021 ε — 0,9145 *k*	— 0,3098 — 0,0007 ε — 0,3088 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8016	+ 0,2128 ———
——— auf *F*	— 862,2515	+ 1,6984 ———
Resultat des Versuchs	*F* = 443,7439 + 2,9607 ε — 0,9145 *k*	443,1554 + 1,0010 ε — 0,3088 *k*

Versuch XII. *b.* 1827 Nvb. 7. 17h 34′ Stz.

Barometer 332,47 *L.* + 4°, 8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	17 17 10	539	17 32 40	1027	17 46 42
40	18 19	579	33 49	1038	47 1
51	18 38	590	34 8	1049	47 20
80	19 28	630	35 17	1078	48 10
91	19 47	641	35 36	1089	48 29
142	21 15	681	36 45	1118	49 19
193	22 43	692	37 4	1129	49 38
		732	38 13	1140	49 57
				1151	50 16
				1180	51 6
				1191	51 25
				1220	52 15
$85\frac{2}{7}$	17 19 $37\frac{1}{7}$	$635\frac{1}{2}$	17 35 $26\frac{1}{2}$	$1117\frac{1}{2}$	17 49 $18\frac{1}{6}$
100	17 20 2,5315	600	17 34 25,2469	1100	17 48 47,9715
μ	38,9		22,7		14,3
l' et l'''	5,31. 5,19		5,34. 5,16		5,36. 5,13
Rechnung	17 20 2,5291		17 34 25,2517		17 48 47,9691
Fehler....	— 0,0024		+ 0,0048		— 0,0024

XII. *b′.* Nvb. 7. 18h 52′ Stz.

Barom. 332,47 *L.* + 4,° 8 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	μ	l'	l''
0	18 31 14,5	16,8	5°,41	5°,49
614	41 30,5	12,5		
1229	51 47,5	9,4	5,41	5,43
1844	19 2 4,5	7,1		
2458	12 20,5	5,5	5,36	5,43

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
18 31 14,4976	— 0,0024
41 30,5008	+ 0,0008
51 47,5027	+ 0,0027
19 2 4,5021	+ 0,0021
12 20,4969	— 0,0031

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	18,533	5,40	5,18	5,15	5,30	5,20	19,074	5,49	5,42	5,20	5,41	5,49
Ende...	18,535	5,49	5,28	5,20	5,36	5,11	19,113	5,49	5,42	5,20	5,35	5,43
Mittel..	18,534	5,445	5,23	5,175	5,33	5,155	19,0935	5,49	5,42	5,20	5,38	5,46

	XII. b.	XII. b′.
Gemessene Länge	F — 1,6718	 = F — 1,7222
Temperatur von F = 5°, 37	+ 0,0291	5°, 47. . . + 0,0296
Toise, Temperatur = 5°, 20	863,8904	 ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,2559	 F — 1,6900

	XII. b.	XII. b′.
Beobacht. Schwingungszeit	= 1″,7254291 Uhrz. = 1″,7212995 MZ.	1″,00324587 Uhrz. = 1″,0008438 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306L,0636 + 2,9628 ε	441,5542 + 1,0017 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9129 — 0,0021 ε — 0,9113 k	— 0,3088 — 0,0007 ε — 0,3079 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8016	+ 0,2129
——— auf F	+ 862,2559	+ 1,6900
Resultat des Versuchs	E = 443,6964 + 2,9607 ε — 0,9113 k	443,1483 + 1,0010 ε — 0,3079 k

Versuch XII. *c*. 1827 Nvb. 8. 16h 38′ Stz.
Barometer 331,92 *L*. + 4°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	16 20 58	477	16 34 41	976	16 49 2
40	22 7	488	35 0	1016	50 11
51	22 26	528	36 9	1027	50 30
91	23 35	539	36 28	1056	51 20
102	23 54	568	37 18	1067	51 39
142	25 3	579	37 37	1078	51 58
		641	39 24	1096	52 29
		670	40 14	1107	52 48
		681	40 33	1118	53 7
				1129	53 26
				1147	53 57
				1158	54 16
71	16 23 0 1/2	574 5/9	16 37 29 1/3	1081 1/4	16 52 3 7/12
80	16 23 16,0286	580	16 37 38,7271	1080	16 52 1,4266
μ..........	38,6		22,7		14,3
l' et l'''	5,37. 5,10		5,39. 5,12		5,41. 5,14
Rechnung	16 23 16,0276		16 37 38,7291		16 52 1,4256
Fehler....	— 0,0010		+ 0,0020		— 0,0010

XII. *c*′. Nvb. 8. 18h 0′ Stz.
Bar. = 331,88 *L*. + 4°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	μ	l' °	l'' °
0	17 38 50,5	16,6	5,52	5,45
602	48 54,5	12,1		
1203	58 57,5	9,2	5,52	5,42
1806	18 9 2,5	7,0		
2407	19 5,5	5,5	5,52	5,42

Rechnung h ′ ″	Fehler ″
17 38 50,4969	— 0,0031
48 54,5028	+ 0,0028
58 57,5006	+ 0,0006
18 9 2,5027	+ 0,0027
19 5,4970	— 0,0030

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlhebels R	e' °	e'' °	e''' °	l' °	l''' °	Schraube des Fühlhebels R	e' °	e'' °	e''' °	l' °	l'' °
Anfang	19,511	5,49	5,13	5,15	5,36	5,08	18,540	5,59	5,42	5,25	5,52	5,48
Ende...	19,493	5,54	5,27	5,25	5,41	5,14	18,554	5,64	5,47	5,25	5,52	5,42
Mittel..	19,502	5,515	5,20	5,20	5,385	5,11	18,547	5,615	5,445	5,25	5,52	5,45

Gemessene Länge	*F*—1,7591	 = *F* — 1,6729
Temperatur von *F* = 5°,35	+0,0290	5°,56.... + 0,0301
Toise, Temperatur = 5,20	863,8904	
Elasticität des Fadens......................	+0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,1685	 = *F* — 1,6402

Beobach. Schwingungszeit =	1″,7253870 Uhrz. = 1″,7212485 MZ.	1″,00331534 Uhrz. = 1″,0009089 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1305^L,9862 + 2,9626 ε	441,6117 + 1,0018 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9113 — 0,0021 ε — 0,9097 *k*	— 0,3081 — 0,0007 ε — 0,3072 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8014	+ 0,2129
——— auf *F*	— 862,1685	+ 1,6402
Resultat des Versuchs	*F* = 443,7078 + 2,9605 ε — 0,9097 *k*	443,1567 + 1,0011 ε — 0,3072 *k*

Versuch XII. *d*. 1827 Nvb. 9. $16^h\ 13'$ Stz.

Barometer 332,11 *L*. + 3°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	15 54 26	499	16 8 47	998	16 23 8
11	54 45	550	10 15	1009	23 27
51	55 54	561	10 34	1038	24 19
91	57 3	590	11 24	1049	24 36
102	57 22	601	11 43	1060	24 55
142	58 31	641	12 52	1071	25 14
153	58 50	652	13 11	1100	26 4
193	59 59	692	14 20	1111	26 23
				1140	27 13
				1151	27 32
				1162	27 51
				1173	28 10
$92\frac{7}{8}$	15 57 $6\frac{1}{4}$	$598\frac{1}{4}$	16 11 $38\frac{1}{4}$	$1088\frac{1}{2}$	16 25 $44\frac{1}{6}$
100	15 57 18,5439	600	16 11 41,2696	1100	16 26 4,0096
μ	38,9		22,9		14,5
l' et l'''....	4,58. 4,57		4,58. 4,57		4,58. 4,57
Rechnung	15 57 18,5407		16 11 41,2761		16 26 4,0064
Fehler	— 0,0032		+ 0,0065		— 0,0032

XII. *d′*. Nvb. 9. $17^h\ 27'$ Stz.

Barom. 332,02 *L*. + 3°,7 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	μ	l' (°)	l'' (°)
0	17 6 21,5	12,3	4,53	4,76
601	16 24,5	9,3		
1203	26 28,5	7,2	4,56	4,76
1802	36 29,5	5,7		
2404	46 33,5	4,3	4,56	4,65

Rechnung (h ′ ″)	Fehler (″)
17 6 21,4978	— 0,0022
16 24,5007	+ 0,0007
26 28,5047	+ 0,0047
36 29,4975	— 0,0025
46 33,4993	— 0,0007

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. *R*	e' (°)	e'' (°)	e''' (°)	l' (°)	l''' (°)	Schraube des Fühlheb. *R*	e' (°)	e'' (°)	e''' (°)	l' (°)	l'' (°)
Anfang	18,515	4,83	4,73	4,62	4,58	4,57	18,463	4,83	4,73	4,62	4,47	4,70
Ende...	18,512	4,83	4,73	4,66	4,58	4,57	18,470	4,83	4,73	4,62	4,56	4,65
Mittel..	18,5135	4,83	4,73	4,64	4,58	4,57	18,4665	4,83	4,73	4,62	4,515	4,675

	XII. *d*	XII. *d′*
Gemessene Länge	*F* — 1,6699	... = *F* — 1,6657
Temperatur von *F* = 4°,79	+ 0,0259	4°,79 .. + 0,0259
Toise, Temperatur = 4,68	863,8852	 ——
Elasticität des Fadens..........................	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels.....................	= *F* + 862,2494	... = *F* — 1,6372

	XII. *d*	XII. *d′*
Beobacht. Schwingungszeit	= 1″,7254546 Uhrz. = 1″,7213085 MZ.	1″,00332336 Uhrz. = 1″,0009120 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,^{L}0772 + 2,9628 ε	441,6144 + 1,0018 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9147 — 0,0021 ε — 0,9131 *k*	— 0,3095 — 0,0007 ε — 0,3085 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8016	+ 0,2129
——— auf *F*	— 862,2494	+ 1,6372
Resultat des Versuchs	*F* = 443,7147 + 2,9607 ε — 0,9131 *k*	443,1550 + 1,0011 ε — 0,3085 *k*

Versuch XIII. *a*. 1827 Nvb. 9. 11h 57′ Stz.
Barometer 331,84 *L*. + 3°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	11 37 56	528	11 53 7	1016	12 7 9
40	39 5	539	53 26	1027	7 28
51	39 24	579	54 35	1067	8 37
91	40 33	619	55 44	1107	9 46
142	42 1	630	56 3	1118	10 5
171	42 51	681	57 31	1129	10 24
182	43 10	692	57 50	1169	11 33
193	43 29	721	58 40	1180	11 52
				1209	12 42
				1220	13 1
108¾	11 41 3⅝	623⅝	11 55 52	1124⅕	12 10 15,7
120	11 41 23,0359	620	11 55 45,7454	1120	12 10 8,4532
μ..........	37,8		22,6		14,3
l' et l'''....	3,89. 4,23		3,94. 4,23		3,97. 4,22
Rechnung	11 41 23,0355		11 55 45,7463		12 10 8,4528
Fehler....	— 0,0004		+ 0,0009		— 0,0004

XIII. *a*′. Nvb. 9. 13h 6′ Stz.
Barom. 331,78 *L*. + 3°,5 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
	h ′ ″		°	°
0	12 43 53,5	13,6	4,03	4,26
624	54 19,5	10,0		
1248	13 4 45,5	7,8	4,03	4,26
1872	15 11,5	5,9		
2499	25 40,5	4,3	4,14	4,26

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
12 43 53,5000	0,0000
54 19,5013	+ 0,0013
13 4 45,4997	— 0,0003
15 11,4967	— 0,0033
25 40,5023	+ 0,0023

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlhebs.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlhebs.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	19,353	4,01	4,09	4,06	3,86	4,23	19,675	4,21	4,19	4,13	3,92	4,21
Ende...	19,464	4,21	4,09	4,13	3,97	4,17	19,645	4,30	4,24	4,13	4,14	4,26
Mittel..	19,4085	4,11	4,09	4,095	3,915	4,20	19,660	4,255	4,215	4,13	4,03	4,235

Gemessene Länge........................	F — 1,7507	= F — 1,7733
Temperatur von F = 4°,10	+ 0,0222	4°,24 ... + 0,0229
Toise, Temperatur = 4,09	863,8795	 ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,1592	= F — 1,7478

Beobach. Schwingungszeit = 1″,7254070 Uhrz. = 1″,7212633 MZ.	1″,0031964S Uhrz. = 1″,0007870 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend. 1306L,0087 + 2,9627 ε	441,5041 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum — 0,9162 — 0,0021 ε — 0,9147 k	— 0,3095 — 0,0007 ε — 0,3085 k
——— auf d. zusammeng. P. + 0,8014	+ 0,2128
——— auf F — 862,1592	+ 1,7478
Resultat des Versuchs F = 443,7347 + 2,9606 ε — 0,9147 k	443,1552 + 1,0009 ε — 0,3085 k

Versuch XIII. *b*. 1827 Nvb. 10. $12^h 13'$ Stz.
Barometer 333,12 *L*. + 3°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	11 53 5	499	12 7 26	1027	12 22 37
51	54 33	539	8 35	1038	22 56
62	54 52	550	8 54	1078	24 5
153	57 29	590	10 3	1089	24 24
164	57 48	601	10 22	1129	25 33
193	58 38	641	11 31	1140	25 52
233	59 47	652	11 50	1158	26 23
		703	13 18	1169	26 42
		743	14 27	1180	27 1
				1191	27 20
				1209	27 51
				1220	28 10
$122\frac{2}{7}$	11 56 36	$613\frac{1}{9}$	12 10 $42\frac{8}{9}$	$1135\frac{2}{3}$	12 25 $44\frac{1}{2}$
120	11 56 32,0562	620	12 10 54,7751	1120	12 25 17,4685
μ..........	37,9		22,4		14,0
l' et l'''....	3,75. 3,69		3,81. 3,72		3,81. 3,76
Rechnung	11 56 32,0527		12 10 54,7822		12 25 17,4650
Fehler....	— 0,0035		+ 0,0071		— 0,0035

XIII. *b′*. Nvb. 10. $13^h 34'$ Stz.
Barom. 333,32 *L*. + 3°,3 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
0	13 11 0,5	14,0	3,89°	3,95°
623	21 25,5	10,1		
1245	31 49,5	7,8	3,94	3,95
1868	42 14,5	5,8		
2492	52 40,5	4,3	3,97	4,00

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
13 11 0,4986	— 0,0014
21 25,5023	+ 0,0023
31 49,4998	— 0,0002
42 14,4989	— 0,0011
52 40,5003	+ 0,0003

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	19,142	3,87	3,79	3,64	3,70	3,66	19,622	3,97	3,89	3,69	3,86	3,93
Ende...	19,127	3,92	3,84	3,69	3,81	3,83	19,618	4,21	3,99	3,84	3,97	3,99
Mittel..	19,1345	3,895	3,815	3,665	3,755	3,745	19,620	4,09	3,94	3,765	3,915	3,96

	XIII. *b*.	XIII. *b′*.
Gemessene Länge	*F* — 1,7259	 = *F* — 1,7697
Temperatur von *F* = 3°,87..................	+ 0,0209	4°,04 ... + 0,0219
Toise, Temperatur = 3,75..................	863,8760	 ———
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,1792	... = *F* — 1,7452

	XIII. *b*.	XIII. *b′*.
Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254022 Uhrz. = 1″,7212718 MZ.	1″,00320518 Uhrz. = 1″,0008026 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,L0216 + 2,9627 ε	441,5179 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9203 — 0,0021 ε — 0,9187 *k*	— 0,3113 — 0,0007 ε — 0,3103 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8015	+ 0,2128
——— auf *F*	— 862,1792	+ 1,7452
Resultat des Versuchs	*F* = 443,7236 + 2,9606 ε — 0,9187 *k*	443,1646 + 1,0009 ε — 0,3103 *k*

Versuch XIII. c. 1827 Nvb. 11. $17^h\,45'$ Stz.
Barometer 333,53 *L.* + 3°,7 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
	0	17 25 36	488	11 39 38	987	17 53 59
	51	27 4	528	40 47	1016	54 49
	102	28 32	539	41 6	1027	55 8
	142	29 41	579	42 15	1038	55 27
	153	30 0	590	42 34	1056	55 58
	193	31 9	630	43 43	1067	56 17
			670	44 52	1078	56 36
			681	45 11	1118	57 45
					1129	58 4
					1158	58 54
					1169	59 13
					1180	59 32
	$106\frac{5}{6}$	17 28 $40\frac{1}{3}$	$588\frac{1}{8}$	17 42 $30\frac{3}{4}$	$1085\frac{1}{4}$	17 56 $48\frac{1}{2}$
	100	17 28 28,5430	600	11 42 51,2392	1100	17 57 13,9497
μ		39,2		22,4		13,7
l′ et l‴....		4,14. 3,97		4,14. 3,97		4,14. 3,97
Rechnung		17 28 28,5397		17 42 51,2458		17 57 13,9464
Fehler....		— 0,0033		+ 0,0066		— 0,0033

XIII. c′. Nvb. 11. $19^h\,8'$ Stz.
Barom. 333,22 *L.* + 3°,5 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	μ	l′	l″
0	18 46 24,5	13,1	4,20	4,21
586	56 12,5	9,9		
1173	19 6 1,5	7,5	4,36	4,26
1759	15 49,5	5,7		
2345	25 37,5	4,5	4,42	4,37

Rechnung (h ′ ″)	Fehler (″)
18 46 24,4973	— 0,0027
56 12,5009	+ 0,0009
19 6 1,5036	+ 0,0036
15 49,5010	+ 0,0010
25 37,4972	— 0,0028

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. (R)	e′	e″	e‴	l′	l‴	Schraube des Fühlheb. (R)	e′	e″	e‴	l′	l″
Anfang	19,318	4,35	4,09	4,08	4,14	3,97	17,627	4,35	4,29	4,08	4,14	4,23
Ende...	19,462	4,35	4,14	4,08	4,14	3,97	17,648	4,40	4,29	4,08	4,20	4,21
Mittel..	19,390	4,35	4,115	4,08	4,14	3,97	17,6375	4,375	4,29	4,08	4,17	4,22

	XIII. c.	XIII. c′.
Gemessene Länge	*F*—1,7490	= *F* — 1,5909
Temperatur von *F* = 4°,27	+0,0231	4°,34 + 0,0235
Toise, Temperatur = 4°,09	863,8795	——
Elasticität des Fadens	+0,0082	+ 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,1618	= *F* — 1,5648

	XIII. c.	XIII. c′.
Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7253959 Uhrz. = 1″,7212584 MZ.	1″,00340133 Uhrz. = 1″,0009945 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,L0012 + 2,9627 ε	441,6872 + 1,0020 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9200 — 0,0021 ε — 0,9185 k	— 0,3111 — 0,0007 ε — 0,3101 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8014	+ 0,2131
——— auf *F*.	— 862,1618	+ 1,5648
Resultat des Versuchs	*F* = 443,7208 + 2,9606 ε — 0,9185 k	443,1540 + 1,0013 ε — 0,3101 k

Versuch XIII. *d.* 1827 Nvb. 11. $14^h\ 43'$ Stz.
Barometer 332,90 *L.* + 3°,2 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	14 23 4	517	14 37 56	1023	14 52 29
40	24 13	528	38 15	1034	52 48
91	25 41	557	39 5	1045	53 7
142	27 9	568	39 24	1074	53 57
182	28 18	608	40 33	1085	54 16
233	29 46	648	41 42	1096	54 35
		659	42 1	1114	55 6
		699	43 10	1125	55 25
				1136	55 44
				1165	56 34
				1176	56 53
				1205	57 43
$114\frac{2}{3}$	14 26 $21\frac{5}{6}$	598	14 40 $15\frac{3}{4}$	$1106\frac{1}{2}$	14 54 $53\frac{1}{12}$
110	14 26 13,7817	610	14 40 36,4541	1110	14 54 59,1220
μ	37,5		21,7		12,9
l' et l'''	3,43. 3,38		3,45. 3,38		3,47. 3,38
Rechnung	14 26 13,7817		14 40 36,4542		14 54 59,1220
Fehler....	0,0000		+ 0,0001		0,0000

XIII. *d′*. Nvb. 11. $15^h\ 56'$ Stz.
Barom. 332,95 *L.* + 3,°4 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	μ	l'	l'''
0	15 33 1,5	14,9	3°,75	3°,71
623	43 26,5	10,9		
1246	53 51,5	8,0	3,75	3,71
1869	16 4 16,5	6,0		
2493	14 42,5	4,5	3,75	3,71

Rechnung h ′ ″	Fehler ″
15 33 1,4982	— 0,0018
43 26,5017	+ 0,0017
53 51,5015	+ 0,0015
16 4 16,4993	— 0,0007
14 42,4993	— 0,0007

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	n	°	°	°	°	°	n	°	°	°	°	°
Anfang	20,126	3,53	3,40	3,30	3,42	3,38	19,235	3,73	3,59	3,45	3,75	3,71
Ende...	20,170	3,68	3,50	3,40	3,48	3,43	19,239	3,82	3,69	3,50	3,75	3,71
Mittel..	20,148	3,605	3,45	3,35	3,45	3,405	19,237	3,775	3,64	3,475	3,75	3,71

	XIII. *d.*	XIII. *d′*.
Gemessene Länge	*F*—1,8173	 = *F* — 1,7352
Temperatur von *F* = 3°, 55	+0,0192	5°, 73.... + 0,0202
Toise, Temperatur = 3°, 39	863,8726	 —
Elasticität des Fadens	+0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,0827	 = *F* — 1,7124

	XIII. *d.*	XIII. *d′*.
Beobacht. Schwingungszeit	= 1″,7253304 Uhrz. = 1″,7212131 MZ.	1″,00320303 Uhrz. = 1″,0008089 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1305,^{L}9325 + 2,9625 ε	441,5234 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0, 9207 — 0,0021 ε — 0,9191 *k*	— 0,3112 — 0,0007 ε — 0,3102 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0, 8013	+ 0,2128
——— auf *F*	— 862, 0827	+ 1,7124
Resultat des Versuchs	*F* = 443, 7304 + 2,9604 ε — 0,9191 *k*	443,1374 + 1,0009 ε — 0,3102 *k*

Versuch XIV. *a*. 1827 Nvb. 12. 14ʰ 49′ Stz.
Barometer 338,23 *L*. + 3°,0 *C*.

XIV. *a′*. Nvb. 13. 16ʰ 6′ Stz.
Barom. 338,65 *L*. + 3°,2 *C*.

Versuch XIV. *a*. Beobachtete Coincidenzen.

		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
	0	14 28 22	510	14 43 2	1009	14 57 23
	51	29 50	550	44 11	1020	57 42
	62	30 9	561	44 30	1060	58 51
	102	31 18	572	44 49	1071	59 10
	113	31 37	601	45 39	1111	15 0 19
	153	32 46	612	45 58	1122	0 38
	164	33 5	652	47 7	1133	0 57
	204	34 14	663	47 26	1162	1 47
			703	48 35	1173	2 6
			714	48 54	1184	2 25
	106 1/8	14 31 25 1/8	613 4/5	14 46 1,1	1104 1/2	15 0 7 4/5
	110	14 31 31,8112	610	14 45 54,5432	1110	15 0 17,2901
μ..........		38,5		22,3		14,2
l′ et *l‴*....		2,84. 2,75		2,92. 2,97		3,00. 2,83
Rechnung		14 31 31,8079		14 45 54,5498		15 0 17,2868
Fehler		— 0,0033		+ 0,0066		— 0,0033

XIV. *a′*. Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	*u* °	*l′* °	*l‴* °
0	15 42 19,5	14,3	3,20	3,16
622	52 43,5	10,7		
1244	16 3 7,5	8,0	3,20	3,16
1864	13 29,5	6,0		
2486	23 53,5	4,6	3,31	3,16

Rechnung h ′ ″	Fehler ″
15 42 19,4965	— 0,0035
52 43,5021	+ 0,0021
16 3 7,5045	+ 0,0045
13 29,4986	— 0,0014
23 53,4983	— 0,0017

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. *R*	*e′* °	*e″* °	*e‴* °	*l′* °	*l‴* °	Schraube des Fühlheb. *R*	*e′* °	*e″* °	*e‴* °	*l′* °	*l‴* °
Anfang	12,522	2,91	2,71	2,68	2,81	2,74	14,345	3,20	2,91	2,82	3,20	3,16
Ende...	12,526	3,05	2,86	2,77	3,09	3,04	14,352	3,39	3,10	3,02	3,31	3,16
Mittel..	12,524	2,98	2,785	2,725	2,95	2,89	14,3485	3,295	3,005	2,92	3,255	3,16

	XIV. *a*.	XIV. *a′*.
Gemessene Länge	*F* — 1,1277	 = *F* — 1,2942
Temperatur von *F* = 2°,91	+ 0,0158	3°,19 + 0,0173
Toise, Temperatur = 2,75	863,8662	 —
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,7525	 = *F* — 1,2743

	XIV. *a*.	XIV. *a′*.
Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254688 Uhrz. = 1″,7213606 MZ.	1″,00321264 Uhrz. = 1″,0008200 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306ᴸ,1563 + 2,9630 ε	441,5332 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9373 — 0,0021 ε — 0,9357 *k*	— 0,3178 — 0,0007 ε — 0,3168 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8139	+ 0,2208
——— auf *F*..........	— 862,7525	+ 1,2743
Resultat des Versuchs	*F* = 443,2804 + 2,9609 ε — 0,9357 *k*	442,7105 + 1,0009 ε — 0,3168 *k*

Versuch XIV. *b*. 1827 Nvb. 13. $12^h\,5'$ Stz. Barometer 342,86 *L*. + 2°,8 *C*.

Beobachtele Coincidenzen.

		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
	0	11 43 33	510	11 58 13	1020	12 12 53
	11	43 52	521	58 32	1031	13 2
	62	45 20	561	59 41	1060	14 2
	102	46 29	612	12 1 9	1100	15 11
	113	46 48	623	1 28	1111	15 30
	204	49 25	663	2 37	1122	15 49
			703	3 46	1133	16 8
			714	4 5	1162	16 58
			725	4 24	1173	17 17
					1202	18 7
	82	11 45 54 $\frac{1}{2}$	625 $\frac{7}{9}$	12 1 32 $\frac{7}{9}$	1111 $\frac{2}{5}$	12 15 30,7
	110	11 46 42,8132	610	12 1 5,5537	1110	12 15 28,2843
μ		38,4		22,0		14,0
l' et l'''		3,14. 3,19		3,14. 3,19		3,14. 3,19
Rechnung		11 46 42,8140		12 1 5,5521		12 15 28,2851
Fehler		+ 0,0008		− 0,0016		+ 0,0008

XIV. *b′*. Nvb. 13. $13^h\,26'$ Stz. Barom. 342,92 *L*. + 2°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
	h ′ ″	°	°	°
0	13 1 20,5	13,1	3,20	3,16
627	11 49,5	9,6		
1253	22 17,5	7,0	3,20	3,21
1880	32 46,5	5,4		
2504	43 12,5	4,1	3,25	3,31

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
13 1 20,4964	− 0,0036
11 49,5021	+ 0,0021
23 17,5022	+ 0,0022
32 46,5039	+ 0,0039
43 12,4955	− 0,0045

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,280	3,34	3,20	3,11	3,14	3,19	14,660	3,34	3,15	3,11	3,14	3,16
Ende...	13,275	3,34	3,15	3,11	3,14	3,19	14,660	3,39	3,25	3,11	3,25	3,21
Mittel..	13,2775	3,34	3,175	3,11	3,14	3,19	14,660	3,365	3,20	3,11	3,195	3,185

Gemessene Länge	*F* − 1,1976	 = *F* − 1,3223
Temperatur von *F* = 3°,28	+ 0,0178	3°,31 ... + 0,0179
Toise, Temperatur = 3,14	863,8701	 —
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,6985	 = *F* − 1,3018

Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254607 Uhrz. = 1″,7213422 MZ.	1″,00318960 Uhrz. = 1″,0007951 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306^L,1284 + 2,9629 ε	441,5112 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	− 0,9495 − 0,0022 ε − 0,9478 *k*	− 0,3212 − 0,0007 ε − 0,3202 *k*
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8138	+ 0,2208
——— auf *F*	− 862,6985	+ 1,3018
Resultat des Versuchs	*F* = 443,2942 + 2,9607 ε − 0,9478 *k*	442,7126 + 1,0009 ε − 0,3202 *k*

Versuch XIV. *c*. 1827 Nvb. 13. $14^h\,31'$ Stz.
Barometer 342,91 *L*. + 2°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
	0	14 10 15	499	14 24 36	998	14 38 57
	40	11 24	539	25 45	1009	39 16
	51	11 43	590	27 13	1038	40 6
	102	13 11	601	27 32	1049	40 25
	142	14 20	641	28 41	1060	40 44
	153	14 39	663	29 19	1071	41 3
	193	15 48	692	30 9	1100	41 53
	204	16 7	703	30 28	1111	42 12
					1140	43 2
					1151	43 21
					1162	43 40
					1173	43 59
	$110\frac{5}{8}$	14 13 $25\frac{7}{8}$	616	14 27 $57\frac{7}{8}$	$1088\frac{1}{2}$	14 41 $33\frac{1}{6}$
	100	14 13 7,5419	600	14 27 30,2675	1100	14 41 53,0096
μ..........		37,1		21,1		13,4
l′ et *l‴*		3,20. 3,15		3,20. 3,15		3,20. 3,15
Rechnung		14 13 7,5400		14 27 30,2713		14 41 53,0077
Fehler....		— 0,0019		+ 0,0038		— 0,0019

XIV. *c′*. Nvb. 14. $15^h\,46'$ Stz.
Barom. 342,70 *L*. + 2°,9 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	*μ*	*l′* °	*l″* °
0	15 21 51,5	18,0	3,25	3,21
627	32 20,5	13,0		
1253	42 48,5	9,5	3,31	3,24
1880	53 17,5	7,1		
2504	16 3 43,5	5,5	3,31	3,27

Rechnung h ′ ″	Fehler ″
15 21 51,4946	— 0,0054
32 20,5034	+ 0,0034
42 48,5036	+ 0,0036
52 17,5043	+ 0,0043
16 3 43,4941	— 0,0059

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. *R*	*e′* °	*e″* °	*e‴* °	*l′* °	*l‴* °	Schraube des Fühlheb. *R*	*e′* °	*e″* °	*e‴* °	*l′* °	*l″* °
Anfang	13,225	3,44	3,25	3,16	3,20	3,15	14,630	3,44	3,30	3,16	3,20	3,21
Ende...	13,219	3,44	3,30	3,16	3,20	3,15	14,625	3,49	3,40	3,16	3,31	3,27
Mittel..	13,222	3,44	3,275	3,16	3,20	3,15	14,6275	3,465	3,35	3,16	3,255	3,24

	XIV. *c*	XIV. *c′*
Gemessene Länge	*F*—1,1926	... = *F* — 1,3194
Temperatur von *F* = 3°,38	+0,0183	3°,42 .. + 0,0186
Toise, Temperatur = 3,21	863,8708	——
Elasticität des Fadens.....................	+0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,7047	... = *F* — 1,2982

	XIV. *c*	XIV. *c′*
Beobacht. Schwingungszeit	= 1″,7254579 Uhrz. = 1″,7213396 MZ.	1″,00318546 Uhrz. = 1″,0007911 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,*L* 1244 + 2,9629 ε	441,5077 + 1,0016 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9494 — 0,0022 ε — 0,9477 *k*	— 0,3209 — 0,0007 ε — 0,3199 *k*
—— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8138	+ 0,2208
—— auf *F*	— 862,7047	+ 1,2982
Resultat des Versuchs	*F* = 443,2841 + 2,9607 ε — 0,9477 *k*	442,7058 + 1,0009 ε — 0,3199 *k*

Versuch XIV. *d.* 1827 Nvb. 14. $14^h\,55'$ Stz.
Barometer 338,95 *L.* + 3°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	14 33 19	499	14 47 40	1009	15 2 20
40	34 28	510	47 59	1020	2 39
51	34 47	550	49 8	1060	3 48
102	36 15	561	49 27	1071	4 7
142	37 24	601	50 36	1122	5 35
153	37 43	612	50 55	1162	6 44
204	39 11	652	52 4	1173	7 3
		663	52 23	1184	7 22
		703	53 32	1195	7 41
		714	53 51	1224	8 31
$98\frac{6}{7}$	14 36 $9\frac{4}{7}$	$606\frac{1}{2}$	14 50 $45\frac{1}{2}$	1122	15 5 35
110	14 36 28,7983	610	14 50 51,5391	1110	15 5 14,2941
μ..........	37,3		21,8		13,9
l' et l'''....	3,38. 3,27		3,39. 3,27		3,40. 3,27
Rechnung	14 36 28,7955		14 50 51,5447		15 5 14,2913
Fehler....	— 0,0028		+ 0,0056		— 0,0028

XIV. *d′.* Nvb. 15. $16^h\,7'$ Stz.
Barom. 338,95 *L.* + 3°,0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	μ	l'	l''
0	15 41 47,5	16,3	3°,70	3°,60
626	52 15,5	12,2		
1255	16 2 46,5	9,1	3,70	3,65
1881	13 14,5	7,0		
2510	23 45,5	5,2	3,75	3,65

Rechnung h ′ ″	Fehler ″
15 41 47,4990	— 0,0010
52 15,4991	— 0,0009
16 2 46,5044	+ 0,0044
13 14,4979	— 0,0021
23 45,4996	— 0,0004

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. R	e' °	e'' °	e''' °	l' °	l''' °	Schraube des Fühlheb. R	e' °	e'' °	e''' °	l' °	l'' °
Anfang	13,218	3,63	3,50	3,26	3,37	3,27	14,618	3,68	3,54	3,30	3,70	3,60
Ende...	13,220	3,68	3,50	3,30	3,42	3,27	14,629	3,77	3,69	3,35	3,70	3,60
Mittel..	13,219	3,655	3,50	3,28	3,395	3,27	14,6235	3,725	3,615	3,325	3,70	3,60

	XIV. d.	XIV. d′.
Gemessene Länge	*F* — 1,1924	 = *F* — 1,3190
Temperatur von *F* = 3°,60	+ 0,0195	3°,68 + 0,0199
Toise, Temperatur = 3,37	863,8724	 ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,7077	 = *F* — 1,2965

	XIV. d.	XIV. d′.
Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254857 Uhrz. = 1″,7213447 MZ.	1″,00317936 Uhrz. = 1″,0007721 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306^L,1322 + 2,9629 ε	441,4910 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9377 — 0,0021 ε — 0,9360 *k*	— 0,3168 — 0,0007 ε — 0,3158 *k*
———— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8138	+ 0,2208
———— auf *F*.........	— 862,7077	+ 1,2965
Resultat des Versuchs	*F* = 443,3006 + 2,9608 ε — 0,9360 *k*	442,6915 + 1,0008 ε — 0,3158 *k*

Versuch XV. *a*. 1827 Nvb. 16. $12^h 37'$ Stz.
Barometer 338,56 *L*. + 3°,8 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	12 14 23	499	12 28 44	1009	12 43 24
51	15 51	550	30 12	1049	44 33
102	17 19	561	30 31	1089	45 42
142	18 28	590	31 21	1100	46 1
153	18 47	601	31 40	1111	46 20
204	20 15	641	32 49	1140	47 10
		652	33 8	1151	47 29
		663	33 27	1191	48 38
		703	34 36	1202	48 57
				1213	49 16
$108\frac{1}{3}$	12 17 $30\frac{1}{2}$	$606\frac{2}{3}$	12 31 $49\frac{7}{9}$	$1125\frac{1}{2}$	12 46 45
110	12 17 32,8006	610	12 31 55,5294	1110	12 46 18,2555
μ	37,3		21,7		13,8
l' et l'''....	4,20. 3,83		4,20. 3,83		4,20. 3,83
Rechnung	12 17 32,8002		12 31 55,5301		12 46 18,2551
Fehler....	— 0,0004		+ 0,0007		— 0,0004

XV. *a′*. Nvb. 16. $13^h 43'$ Stz.
Barom. 338,68 *L*. + 3°,9 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
	h ′ ″	°	°	°
0	13 17 21,5	14,0	4,31	4,22
607	27 30,5	10,4		
1216	37 41,5	8,0	4,31	4,22
1827	47 54,5	6,1		
2437	58 6,5	4,5	4,31	4,22

Rechnung	Fehler
h ′ ″	″
13 17 21,5026	+ 0,0026
27 30,4981	— 0,0019
37 41,4970	— 0,0030
47 54,5012	+ 0,0012
58 6,5011	+ 0,0011

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,255	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	13,872	4,35	4,04	3,89	4,31	4,22
Ende...	13,247	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	13,880	4,35	4,04	3,93	4,31	4,22
Mittel..	13,251	4,30	3,79	3,79	4,20	3,83	13,876	4,35	4,04	3,91	4,31	4,22

	XV. *a*	XV. *a′*
Gemessene Länge	F — 1,1952	 = F — 1,2516
Temperatur von F = 4°, 12	+ 0,0223	4°, 24..... + 0,0229
Toise, Temperatur = 3°, 79	863,8765	——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,7118	 = F — 1,2261

	XV. *a*	XV. *a′*
Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254448 Uhrz. = 1″,7213120 MZ.	1″,00327636 Uhrz. = 1″,0008736 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,^{L}0826 + 2,9628 ε	441,5805 + 1,0017 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0, 9337 — 0,0021 ε — 0,9320 k	— 0,3159 — 0,0007 ε — 0,3149 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0, 8137	+ 0,2209
——— auf F	— 862, 7118	+ 1,2261
Resultat des Versuchs	F = 443, 2508 + 2,9607 ε — 0,9320 k	442,7116 + 1,0010 ε — 0,3149 k

Versuch XV. *b.* 1827 Nvb. 16. 14h 49′ Stz.
Barometer 338,65 *L.* + 3°,9 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

		h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
	0	14 26 9	510	14 40 49	998	14 54 51
	51	27 37	539	41 39	1020	55 29
	102	29 5	550	41 58	1049	56 19
	193	31 42	601	43 26	1060	56 38
	204	32 1	612	43 45	1089	57 28
	244	33 10	641	44 35	1129	58 37
			652	44 54	1151	59 15
			714	46 41	1191	15 0 24
	132 1/3	14 29 57 1/3	602 3/8	14 43 28 3/8	1085 7/8	14 57 22 5/8
	110	14 29 18,7982	610	14 43 41,5316	1110	14 58 4,2516
μ.........		36,8		21,7		13,4
l′ et l‴....		4,36. 4,23		4,36. 4,19		4,36. 4,16
Rechnung		14 29 18,7996		14 43 41,5287		14 58 4,2530
Fehler....		+ 0,0014		— 0,0029		+ 0,0014

XV. *b′.* Nvb. 17. 16h 7′ Stz.
Barom. 338,64 *L.* + 4,°1 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	μ	l′	l″
0	15 40 38,5	13,0	4°,42	4°,32
632	51 12,5	9,9		
1264	16 1 46,5	7,4	4,42	4,32
1896	12 20,5	5,9		
2528	22 54,5	4,4	4,42	4,32

Rechnung (h ′ ″)	Fehler (″)
15 40 38,4981	— 0,0019
51 12,5013	+ 0,0013
16 1 46,5016	+ 0,0016
12 20,5005	+ 0,0005
22 54,5985	— 0,0015

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb. R	e′	e″	e‴	l′	l‴	Schraube des Fühlheb. R	e′	e″	e‴	l′	l″
Anfang	13,527	4°,40	4°,09	4°,08	4°,36	4°,23	15,027	4°,45	4°,14	4°,13	4°,42	4°,32
Ende...	13,540	4,40	4,09	4,08	4,36	4,12	15,035	4,45	4,19	4,13	4,42	4,32
Mittel..	13,5335	4,40	4,09	4,08	4,36	4,175	15,031	4,45	4,165	4,13	4,42	4,32

	XV. b.	XV. b′.
Gemessene Länge	F—1,2207	= F — 1,3558
Temperatur von F = 4°,29	+ 0,0232	4°,35.... + 0,0235
Toise, Temperatur = 4°,08..................	863,8794	
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,6901	 = F — 1,3297

	XV. b.	XV. b′.
Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254435 Uhrz. = 1″,7213118 MZ.	1″,00315944 Uhrz. = 1″,0007578 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,L0823 + 2,9628 ε	441,4783 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9335 — 0,0021 ε — 0,9319 k	— 0,3158 — 0,0007 ε — 0,3149 k
——— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8137	+ 0,2207
——— auf F.	— 862,6901	+ 1,3297
Resultat des Versuchs	F = 443,2724 + 2,9607 ε — 0,9319 k	442,7129 + 1,0008 ε — 0,3149 k

Versuch XV. *c.* 1827 Nvb. 17. 12^h 28′ Stz.
Barometer 339,47 *L.* + 4°, 0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	12 5 7	510	12 19 47	991	12 33 37
11	5 26	521	20 6	1020	34 27
51	6 35	561	21 15	1031	34 46
102	8 3	572	21 34	1071	35 55
113	8 22	612	22 43	1082	36 14
153	9 31	623	23 2	1122	37 23
164	9 50	663	24 11	1133	37 42
215	11 18	674	24 30	1144	38 1
		714	25 39	1173	38 51
				1184	39 10
				1195	39 29
$101\frac{1}{8}$	12 8 $1\frac{1}{2}$	$605\frac{5}{9}$	12 22 $31\frac{8}{9}$	$1104\frac{2}{11}$	12 36 $52\frac{3}{11}$
110	12 8 16,8138	610	12 22 39,5578	1110	12 37 2,3119
μ	36,9		22,1		13,9
l′ et *l‴*	4,27. 4,35		4,31. 4,30		4,35. 4,25
Rechnung	12 8 16,8113		12 22 39,5627		12 37 2,3094
Fehler	— 0,0025		+ 0,0049		— 0,0025

XV. *c′*. Nvb. 17. 13^h 43′ Stz.
Barom. 339,46 *L.* + 4°, 0 *C.*

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″	μ	*l′*	*l″*
0	13 16 49,5	13,1	4°,42	4°,32
630	27 21,5	10,0		
1258	37 51,5	7,3	4,42	4,32
1888	48 23,5	5,8		
2519	58 56,5	4,5	4,42	4,32

Rechnung	Fehler
h ′ ″ 13 16 49,4988	″ — 0,0012
27 21,5032	+ 0,0032
37 51,4985	— 0,0015
48 23,4986	— 0,0014
58 56,5011	+ 0,0011

Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	*e′*	*e″*	*e‴*	*l′*	*l‴*	Schraube des Fühlheb.	*e′*	*e″*	*e‴*	*l′*	*l″*
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,185	4,40	4,29	4,13	4,25	4,40	14,984	4,49	4,29	4,18	4,42	4,32
Ende ...	13,190	4,40	4,29	4,18	4,42	4,17	14,993	4,49	4,33	4,23	4,42	4,32
Mittel ..	13,1875	4,40	4,29	4,155	4,335	4,285	14,9885	4,49	4,31	4,205	4,42	4,32

Gemessene Länge	*F* — 1,1895	 = *F* — 1,3520
Temperatur von *F* = 4°,36	+ 0,0236	4°,43 ... + 0,0240
Toise, Temperatur = 4, 21	863,8806	 ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= *F* + 862,7229	 = *F* — 1,3254

Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254880 Uhrz. = 1″,7213353 MZ.	1″,00317143 Uhrz. = 1″,0007579 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,1179 *L* + 2,9629 ε	441,4784 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9358 — 0,0021 ε — 0,9342 *k*	— 0,3164 — 0,0007 ε — 0,3154 *k*
———— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8138	+ 0,2208
———— auf *F*	— 862,7229	+ 1,3254
Resultat des Versuchs	*F* = 443,2730 + 2,9608 ε — 0,9342 *k*	442,7082 + 1,0008 ε — 0,3154 *k*

Versuch XV. *d*. 1827 Nvb. 17. $14^h 39'$ Stz.

Barometer 339,54 *L*. + 4°,0 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

	h ′ ″		h ′ ″		h ′ ″
0	14 17 11	470	14 30 42	980	14 45 22
51	18 39	510	31 51	991	45 41
62	18 58	561	33 19	1020	46 31
102	20 7	572	33 38	1031	46 50
153	21 35	612	34 47	1053	47 28
		623	35 6	1071	47 59
		663	36 15	1082	48 18
		674	36 34	1093	48 37
				1100	48 49
				1122	49 27
				1133	49 46
				1144	50 5
$73\frac{3}{5}$	14 19 18	$585\frac{5}{8}$	14 34 $1\frac{1}{2}$	$1068\frac{1}{3}$	14 47 $54\frac{5}{12}$
80	14 19 29,0432	580	14 33 51,7940	1180	14 48 14,5476
μ	34,7		20,6		13,0
l' et l'''	4,42. 4,32		4,42. 4,32		4,42. 4,29
Rechnung	14 19 29,0420		14 33 51,7963		14 48 14,5464
Fehler	— 0,0012		+ 0,0023		— 0,0012

XV. *d′*. Nvb. 18. $18^h 27'$ Stz.

Barom. 339,68 *L*. + 4°,2 *C*.

Beobachtete Coincidenzen.

		μ	l'	l''
0	18 0 45,5	16,0	4°,47	4°,37
629	11 16,5	12,0		
1260	21 49,5	9,0	4,47	4,37
1890	32 21,5	6,8		
2523	42 56,5	5,1	4,47	4,37

Rechnung (h ′ ″)	Fehler (″)
18 0 45,5004	+ 0,0004
11 15,4996	— 0,0004
21 49,5012	+ 0,0012
32 21,4973	— 0,0027
42 56,5015	+ 0,0015

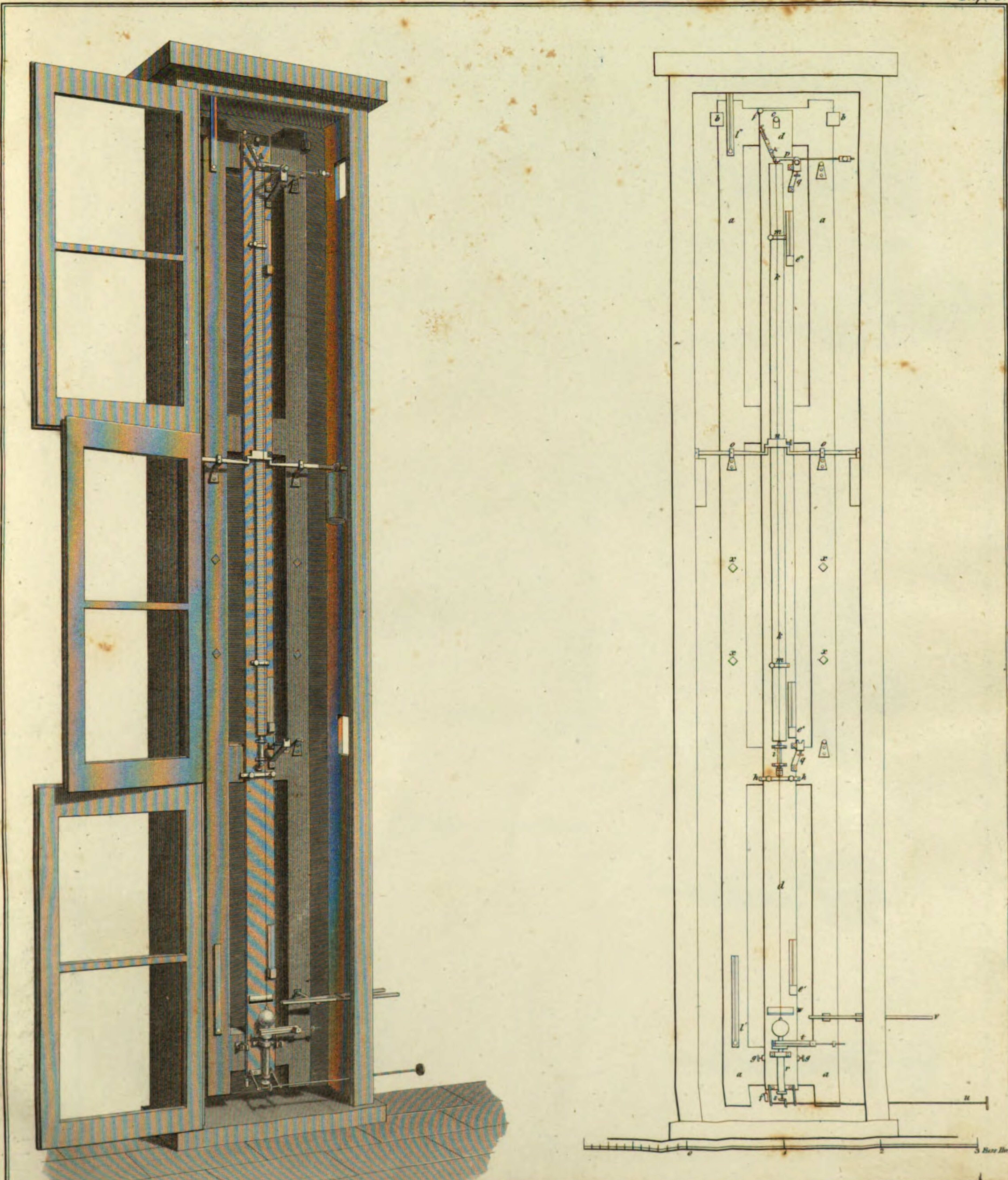
Messung der Längen der Pendel.

	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l'''	Schraube des Fühlheb.	e'	e''	e'''	l'	l''
	R	°	°	°	°	°	R	°	°	°	°	°
Anfang	13,239	4,54	4,33	4,22	4,42	4,34	15,012	4,59	4,38	4,27	4,47	4,37
Ende...	13,275	4,54	4,38	4,27	4,42	4,26	14,978	4,59	4,38	4,27	4,47	4,37
Mittel..	13,257	4,54	4,355	4,245	4,42	4,30	14,995	4,59	4,38	4,27	4,47	4,37

	XV. d.	XV. d′.
Gemessene Länge	F — 1,1958	... = F — 1,3525
Temperatur von F = 4°,48	+ 0,0242	4°,52 .. + 0,0245
Toise, Temperatur = 4,29	863,8814	 ——
Elasticität des Fadens	+ 0,0082	 + 0,0026
Länge des Pendels	= F + 862,7180	... = F — 1,3254

	XV. d.	XV. d′.
Beobach. Schwingungszeit	= 1″,7254954 Uhrz. = 1″,7213446 MZ.	1″,00316360 Uhrz. = 1″,0007509 MZ.
Entsprech. Länge d. einf. Pend.	1306,L 1320 + 2,9629 ε	441,4723 + 1,0015 ε
Reduction auf den leeren Raum	— 0,9357 — 0,0021 ε — 0,9341 k	— 0,3165 — 0,0007 ε — 0,3156 k
———— auf d. zusammeng. P.	+ 0,8138	+ 0,2208
———— auf F	— 862,7180	+ 1,3254 ...
Resultat des Versuchs	F = 443,2921 + 2,9608 ε — 0,9341 k	442,7020 + 1,0008 ε — 0,3156 k

Taf. I.



Beſsel's Pendelapparat Mathem. Klasse. 1826.

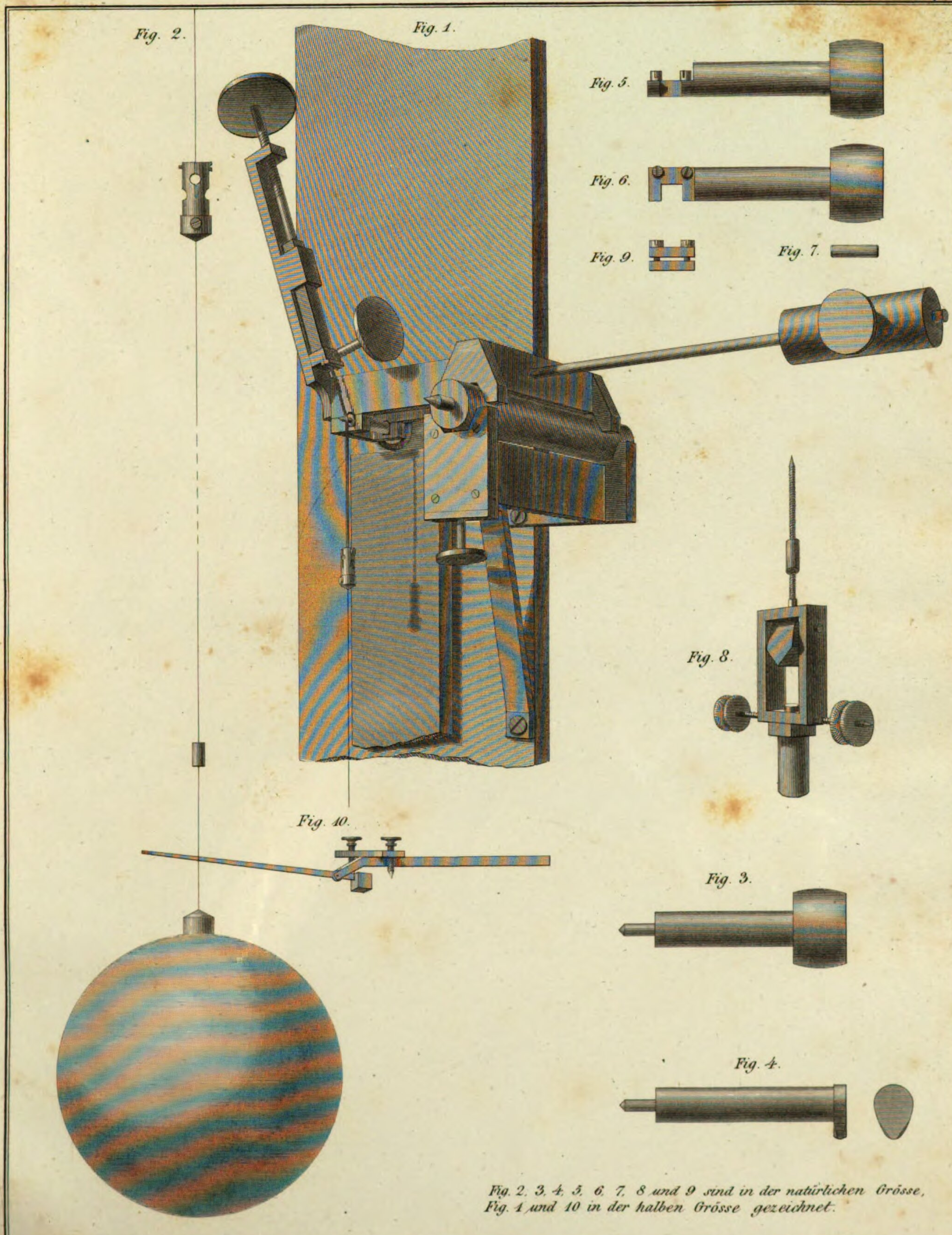


Fig. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8 und 9 sind in der natürlichen Grösse,
Fig. 1 und 10 in der halben Grösse gezeichnet.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Bessel, Friedrich Wilhelm,

Untersuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendels

Berlin 1828

4 Math.a. 23 p
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10052717-2